

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TESIS

**“DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS
MICROORGANISMOS (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus* sp.)
EN LA PRODUCCIÓN DEL COMPOST A PARTIR DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL CENTRO POBLADO
DE JANCAO DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y
DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO - 2018”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

TESISTA

Bach. Fernando Alex, JARA ALVA

ASESOR

Mg. Johnny Prudencio, JACHA ROJAS

HUÁNUCO - PERÚ

2019



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

E.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:30 horas del día 27 del mes de SEPTIEMBRE del año 2019, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

M.C. SIMÉON EDMUNDO CALIXTO VARGAS (Presidente)

ING. HEBERTO CALVO TRUJILLO (Secretario)

BLGO. ALEJANDRO ROLANDO DURAN NIEVA (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 10.67-2019-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada:


" DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS MICROORGANISMOS (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) EN LA PRODUCCIÓN DEL COMPOST A PARTIR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL CENTRO POBLADO DE JANCOP
DISTRITO DE OTARLIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO - 2018
", presentada por el (la) Bachiller Fernando Alex Tapa Alva, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental

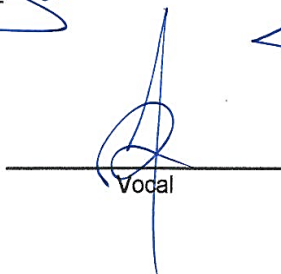
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 1.5 y cualitativo de BUENO (Art. 47)

Siendo las 16:17 horas del día 27 del mes de SEPTIEMBRE del año 2019, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Presidente


Secretario


Vocal

DEDICATORIA

A mis queridos padres Arturo y Flor que con mucho esfuerzo e infinito amor supieron guiarme en lo profesional y en mi formación personal, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

A mi hermano Leonardo por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mi hermana Melani que con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristeza y a todas aquellas personas que durante estos cinco años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

A Alison Rubín Aquino por ayudarme a elaborar la tesis y servirme de guía.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es la vida y lo justa que puede llegar a ser; gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis. Gracias por creer en mí y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha anotado menos. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE	iv
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCION	xiv
CAPÍTULO I	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1 Descripción del problema	16
1.2 Formulación del problema	18
1.2.1 Problema general	18
1.3 Objetivos	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos	18
1.4 Justificación de la investigación	19
1.5 Limitaciones de la investigación	20
1.6 Viabilidad de la investigación	20
CAPITULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes de la investigación	21
2.1.1 Antecedentes internacionales	21
2.1.2 Antecedentes nacionales	24
2.1.3 Antecedentes locales	27
2.2 Bases teóricas	29
2.3 Definiciones Conceptuales	32
2.3.1 El compostaje	32
2.3.2 Factores del proceso del compostaje	33
2.3.3 Fases del proceso del compostaje	40
2.3.4 Sistemas de compostaje	42
2.3.5 Clasificación del compost	46
2.3.6 Calidad del compost	47
2.3.7 Propiedades de la materia orgánica	48
2.3.8 Microbiología del compost	51

2.3.9 Normativa del compost.....	55
2.4 Hipótesis.....	58
2.4.1 Hipótesis general.....	58
2.4.2 Hipótesis específicas.....	58
2.5 Variables.....	59
2.5.1 Variable dependiente.....	59
2.5.2 Variable independiente	59
2.6 Operacionalización de las variables	60
CAPITULO III.....	61
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	61
3.1 Tipo de investigación	61
3.1.1 Enfoque.....	61
3.1.2 Alcance o Nivel	61
3.1.3 Diseño	62
3.1.4 Manejo experimental	64
3.2 población y muestra	68
3.2.1 población.....	68
3.2.3 Muestra	68
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	68
3.3.1 Para la recolección de datos	68
3.3.2 Técnicas para presentación de datos	89
3.3.3 Técnicas para análisis y presentación de datos.....	89
3.4 Ámbito geográfico temporal y periodo de la investigación	90
3.4.1. Ámbito Geográfico.....	90
3.4.2 Periodo de la investigación.....	92
3.4.3 Materiales usados en el proyecto.....	92
CAPITULO IV	94
RESULTADOS	94
4.1 Procesamiento de datos	94
4.1.1 Tiempo de descomposición.....	94
4.1.2 Peso del compost.....	95
4.1.3 Evaluación de la temperatura en el proceso de compostaje.....	97
4.1.4 Evaluación del pH en el proceso del compostaje	101
4.1.5 Parámetros físicos en el producto final.....	104
4.1.6 Parámetros químicos	105
4.2 Contrastación y prueba de hipótesis.....	109

CAPÍTULO V	120
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	120
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES	124
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	125
ANEXOS	127

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1:Relacion carbono - nitrógeno</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 2 Composición química de diferentes abonos orgánicos ...</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 3 tratamientos por bloques</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 4 fuentes de variación</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 5 recolección de residuos sólidos orgánicos domésticos por parte del personal de apoyo</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 6 recolección de residuos sólidos domésticos en bolsas ...</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 7 recolección de residuos sólidos orgánicos en baldes de 20 litros.....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 8 peso del compost</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 9 añadiendo los microorganismos en el recipiente.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 10 preparación en diferentes recipientes.....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 11 preparación y dosificación.....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 12 charlas sobre residuos sólidos orgánicos domésticos y el compostaje.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 13 charlas y entrega de fichas de trabajo</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 14 capacitación sobre la importancia del compostaje.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 15 entrega de fichas bibliográficas sobre el tema de residuos sólidos y el compostaje.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 16 observación de las calles del centro poblado de Jancao</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 17 verificación y observación del lugar</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 18 verificación de lugares de depósito de residuos sólidos orgánicos</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 19 verificación en distintas zonas del centro poblado de Jancao</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 20 inspección en el rio Huallaga del centro poblado de Jancao</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 21 inspección de residuos orgánicos en la franja marginal del rio.....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 22 encuestando por cada vivienda</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 23 encuestas individuales a los pobladores de Jancao</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 24 realización de encuestas por parte de ayudantes en viviendas alejadas</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 25 encuestas en sectores alejados por parte del personal de apoyo.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 26 encuestas y sugerencias por parte del personal de apoyo</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 27 encuestas en distintas partes de Jancao alta.....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 28 encuesta en distintos sectores de la población</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 29 preguntas por parte del personal de apoyo</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 30 recolección de residuos sólidos orgánicos domésticos por parte del personal de apoyo en la población de Jancao.....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 31 recolección de residuos sólidos orgánicos domésticos</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 32 preparación de terreno</i>	<i>82</i>

<i>Ilustración 33 preparación en camas</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 34 pesado de los residuos sólidos orgánicos domésticos .</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 35 añadiendo polvillo de arroz, levadura de pan en el recipiente.....</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 36 preparación en camas</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 37 preparación en camas con los residuos sólidos orgánicos domésticos.....</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 38 ubicación donde se realizó el proyecto de investigación</i>	<i>91</i>

LISTA DE GRAFICOS

<i>Gráfico 1 tiempo de descomposición de las diferentes dosis de los M.E/20L de agua</i>	<i>94</i>
<i>Gráfico 2 el peso de los residuos sólidos antes de la descomposición</i>	<i>96</i>
<i>Gráfico 3 el peso de los residuos sólidos después de la descomposición</i>	<i>97</i>
<i>Gráfico 4 variación de temperatura en T0</i>	<i>98</i>
<i>Gráfico 5 variación de temperatura en T1</i>	<i>99</i>
<i>Gráfico 6 variación de temperatura en T2</i>	<i>100</i>
<i>Gráfico 7 variación de la temperatura en T3</i>	<i>101</i>
<i>Gráfico 8 evaluación del nivel de pH en el T0</i>	<i>101</i>
<i>Gráfico 9 evaluación del nivel del pH en el T1</i>	<i>102</i>
<i>Gráfico 10 evaluación del nivel de pH en T2</i>	<i>103</i>
<i>Gráfico 11 evaluación del nivel de pH en T3</i>	<i>103</i>
<i>Gráfico 12 conductividad eléctrica según tratamientos</i>	<i>104</i>

LISTA DE ANEXOS

<i>Anexo 1 preparación de la cepa madre.....</i>	<i>129</i>
<i>Anexo 2 Reconocimiento del terreno.....</i>	<i>129</i>
<i>Anexo 3 encuestas sobre los residuos solidos.....</i>	<i>130</i>
<i>Anexo 4 encuestas en bodegas.....</i>	<i>130</i>
<i>Anexo 5 Hallazgo de los residuos sólidos orgánicos.....</i>	<i>131</i>
<i>Anexo 6 diagnóstico de la situación problemática</i>	<i>131</i>
<i>Anexo 7 distintos botaderos de residuos sólidos orgánicos.....</i>	<i>132</i>
<i>Anexo 8 elaboración del compost.....</i>	<i>132</i>
<i>Anexo 9 revisión de la maduración del compost</i>	<i>133</i>
<i>Anexo 10 revisión del PH.....</i>	<i>133</i>
<i>Anexo 11 Residuos sólidos orgánicos domésticos.....</i>	<i>134</i>
<i>Anexo 12 producto final del compost</i>	<i>134</i>

RESUMEN

El proyecto de tesis que se realizó una determinación en la eficiencia de los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) en la producción del compost a partir de los residuos sólidos orgánicos domésticos provenientes del centro poblado de Jancao – La Esperanza por medio de la utilización de los microorganismos.

Para lograr los objetivos propuestos se determinó la cantidad de residuos sólidos orgánicos domésticos de una tonelada generados por la población y se realizó la caracterización de los residuos que va ser recolectado para la elaboración del compost.

Se realizó el análisis del compost durante y al finalizar el proceso, este seguimiento se realizó in situ para cada tratamiento.

Por ello dicha investigación se determinó la eficiencia de los microorganismos eficientes para determinar las características físicas del compost producido por los microorganismos eficientes a partir de los residuos sólidos, determinar las características químicas del compost producido por los microorganismos eficientes a partir de los residuos sólidos, identificar las fases del compost.

Se empleó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 3 tratamientos y 3 repeticiones con la finalidad y el objetivo de determinar la eficiencia de las diferentes dosis de la cepa biológica en el proceso de compostaje de los residuos sólidos orgánicos domésticos, lo cual fue comparado con las diferentes dosis: 0 litros, 2 litros, 4 litros, 6 litros de M.E/20L. de agua. Los resultados indican que la dosis más adecuada para un menor tiempo de descomposición, peso y calidad de compost del producto final fue en el T2 con 4 litros de M.E/20L de agua. También se determinó que

hay mayor eficiencia en el tiempo de descomposición, menor peso y calidad del producto final fue en el T0 (0 litros de M.E/20L de agua).

Palabras claves: Eficiencia - Compost - Residuos sólidos orgánicos

ABSTRACT

The thesis project that made a determination on the efficiency of microorganisms in the production of compost from household solid organic waste from the town of Jancao - La Esperanza through the use of microorganisms.

To achieve the proposed objectives, the amount of domestic organic solid waste of one tonne generated by the population was determined and the waste characterization that will be collected for composting was carried out.

The compost analysis was carried out during and at the end of the process, this monitoring was done in situ for each treatment.

Therefore, this research determined the efficiency of efficient microorganisms to determine the physical characteristics of the compost produced by efficient microorganisms from solid waste, determine the chemical characteristics of the compost produced by efficient microorganisms from solid waste, identify the phases of compost. The completely randomized blocks design (DBCA) with 3 treatments and 3 repetitions was used for the purpose and objective of determining the efficiency of the different doses of the biological strain in the composting process of domestic organic solid waste, which It was compared with the different doses: 0 liters, 2 liters, 4 liters, 6 liters of ME / 20L. of water. The results indicate that the most adequate dose for a shorter decomposition time, weight and quality of compost of the final product was in T2 with 4 liters of M.E / 20L of water. It was also determined that there is greater efficiency in the decomposition time, less weight and quality of the final product was in the T0 (0 liters of M.E / 20L of water).

Keywords: Efficiency - Compost - Organic solid wast.

INTRODUCCION

Actualmente el problema de los residuos sólidos orgánicos está pasando de mal en peor debido a las actividades humanas.

En los últimos años se han triplicado la producción de desechos domésticos, incrementándose esta cifra en porcentajes de cifras significativas. El volumen de producción es inversamente proporcional al nivel de desarrollo del país que se trate. Diariamente consumimos y tiramos a la basura gran cantidad de residuos sólidos orgánicos domésticos y no le damos un adecuado manejo.

Estos tienen varias posibilidades: arrojar la basura en vertederos (solución económica pero peligrosa); incinerarla (costosa pero también contaminante); o separarla en plantas de tratamiento para reciclar una parte y convertir en abono los residuos orgánicos. Esta sería una solución mucho más ecológica, en este tema hablaremos sobre el compost, sabremos que es, para que se utiliza, beneficios de su uso y la importancia.

El compost se presenta como una de estas soluciones para tratar a estos residuos sólidos orgánicos, así reutilizar como abono.

En el centro poblado de Jancao – La Esperanza se recolectará los residuos orgánicos domésticos para la elaboración del compost, que se refiere a procesar los residuos de frutas y verduras debido a la rapidez de descomposición con un aproximado de 4 meses.

Así que este trabajo constituye una continuación de experiencias anteriores dando un gran paso para la determinación de microorganismos eficientes en el centro poblado de Jancao – La esperanza.

La pregunta que se pretende contestar con esta investigación es la siguiente:
¿Cuál es la eficiencia de los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*,

Lactobacillus sp.) en la producción del compost a partir de los residuos sólidos orgánicos?

Este trabajo tiene como finalidad encontrar alternativas que minimicen de alguna manera la contaminación ambiental, en especial el recurso suelo y sus componentes. Los principales impactos a lograr, se evidenciarán a nivel económico por presentarse alternativas de solución para determinar la eficiencia de los microorganismos eficientes, detallando la efectividad de cada dosis bajo condiciones controladas, propiedades físicas y químicas, identificando finalmente la dosis adecuada en el centro poblado de Jancao – La Esperanza.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

La producción del compost abarcara desde la creación hasta la aplicación. Hoy en día el crecimiento poblacional y por consiguiente las actividades antrópicas han originado la generación de gran cantidad de residuos sólidos orgánicos los cuales necesitan ser tratados para reducir la contaminación. Ante esta problemática surge una alternativa que es el proceso de compostaje como un método eficiente en la reducción de estos residuos en el centro poblado de Jancao, ya que permite el aprovechamiento del producto final en el proceso del compostaje. Por ello la investigación tiene como objetivos Determinar la eficiencia de los microorganismos eficientes. Determinar las características físicas y químicas del compost producido por los microorganismos eficientes a partir de los residuos sólidos e Identificar las fases del compost.

En el centro poblado de Jancao ubicado en el Distrito de Amarilis, Provincia y Departamento de Huánuco se generan aproximadamente 50 toneladas de residuos orgánicos en la cual no existe un relleno sanitario ni tampoco el camión recolector para su disposición final, así que los pobladores arrojan al río, suelos cercanos o pistas sus residuos en la cual provoca una contaminación ambiental provocando el incremento de mosquitos, plagas, enfermedades, etc.

Las actividades de recolección y los criterios referidos justifican el fin de evitar la contaminación de amplias superficies a causa de una mala disposición de

la basura, se conseguirá aprovechar los residuos sólidos orgánicos domiciliarios (RSOD), como materia para la obtención del compost además se infundirá microorganismos para acelerar este proceso y determinar su eficiencia en la producción del compost que es un abono orgánico que se utiliza como fertilizante edáfico, puede contribuir al desarrollo del sector agrícola y a la conservación del medio ambiente.

La finalidad de la investigación es encontrar alternativas que minimicen de alguna manera la contaminación ambiental, en especial en el recurso suelo.

Los principales impactos a lograr, se evidenciarán a nivel económico por que se presenta una alternativa con el aprovechamiento del RSOD para obtener el compost ya que esta investigación presenta un impacto social positivo porque fomenta la cultura del reciclaje, el rescate y mantenimiento de nuestro ecosistema.

Por tal motivo se hace necesario la búsqueda de alternativas que compensen las necesidades nutrimentales de los cultivos, para obtener aceptables rendimientos

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la eficiencia de los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) en la producción del compost a partir de los residuos sólidos orgánicos en el centro poblado de Jancao, Huanuco - 2018?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cuáles son los parámetros físicos del compost producido por los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*)?

¿Cuáles son los parámetros químicos del compost producido por los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*)?

¿Cómo identificar las fases del compost?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Determinar la eficiencia de los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) en la producción del compost a partir de los residuos sólidos orgánicos domésticos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los parámetros físicos del compost producido por los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) a partir de los residuos sólidos
- Determinar los parámetros químicos del compost producido por los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) a partir de los residuos sólidos.
- Identificar las fases del compost

1.4 Justificación de la investigación

En el centro poblado de Jancao el manejo inadecuado de los residuos sólidos genera una problemática ambiental debido a que rompe con el equilibrio ecológico y dinámico del ambiente ya que no hay ningún tipo de tratamiento, aprovechamiento, actividades, organización ni planeación para reciclar y reutilizar.

Asimismo, aplicare el método del compostaje que ayudara a minimizar los residuos orgánicos sirviéndonos después del proceso como un abono natural y creando beneficios a la población de Jancao.

Al realizar este tratamiento de la materia orgánica (compostaje) se contribuye en la disminución de desechos orgánicos, se reduce la contaminación y se fomenta la producción. Al formarse el compost aeróbicamente no se forma el gas metano, esto contribuye a la disminución de gases de efecto invernadero que son determinantes en el aumento de temperatura de la tierra; a la vez que se contribuye a reciclar al suelo la energía del sol convertida en materia orgánica.

El compostaje en la actualidad está siendo una alternativa de solución para la mitigación de la contaminación y hasta una alternativa económica a través del reciclaje orgánico.

El presente estudio se justifica desde el punto de vista práctico debido a que ayudara a resolver los problemas de contaminación y para los pobladores urbanos como agricultores en los aspectos fundamentales de social, económico, ambiental y técnico.

1.5 Limitaciones de la investigación

No existieron limitaciones debido a la disponibilidad del terreno y de los recursos necesarios para realizar la investigación sobre el compostaje ya que los resultados de esta investigación son de gran interés.

1.6 Viabilidad de la investigación

Es viable porque se cuenta con todos los recursos, equipos necesarios, materiales, herramientas y los resultados in situ demostrando así el estado actual de la contaminación ambiental y el mal manejo de residuos sólidos orgánicos que se da en el centro poblado de Jancao para luego darle un tratamiento adecuado a los residuos orgánicos y tener como finalidad u objetivo mejorar el ambiente del lugar establecido en la investigación; así como también beneficiara en la obtención de suficiente compost para sus actividades de revegetación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Quizhpi (2013), en su trabajo de investigación “**Estudio Comparativo para la Elaboración de Compost por Técnica Manual en el Bioparque Amaru Cuenca**” señala que En la provincia del Azuay-Ecuador, no hay estudios realizados a profundidad sobre la elaboración de compost a base de estiércol de los animales del zoológico y sustratos procedentes del bioterio, así como su aplicación en la agricultura. No obstante, los residuos procedentes de diferentes sectores de la ciudad de Cuenca, así como también de huertos hortícolas a nivel rural han dado buenos resultados en la elaboración de compost.

Al realizar este tratamiento de la materia orgánica (compostaje) se contribuye en la disminución de los desechos orgánicos, se reduce la contaminación y se fomenta la producción.

Al formarse el compost aeróbicamente no se forma el gas metano, esto contribuye a la disminución de gases de efecto invernadero que son determinantes en el aumento de temperatura de la tierra; a la vez que se contribuye a reciclar al suelo la energía del sol convertida en materia orgánica. Por otra parte, el empleo creciente de fertilizantes químicos en los cultivos hace que se detenga la actividad microbiana, perjudicándose el nicho ecológico.

Rivera (2009), elaboro en la Universidad Pontificia Javeriana – Bogotá en la tesis “**Propuesta de programa para el manejo de los residuos**

sólidos en la plaza de mercado de cerete, cereabastos – córdoba” en países industrializados como estados unidos, Japón, Rusia, teniendo solo la cuarta parte de la población mundial, utilizan el 80% de los recursos naturales del planeta en las exigencias propias del desarrollo tecnológico que se lleva a cabo en estos países. Estos modelos de desarrollo exigen grandes cantidades de recursos y energía para transformar la materia, pero como esta transformación no se da en forma total, generalmente la producción de bienes utilizables va acompañada de una gran cantidad de desechos no deseables que contaminan al ambiente. De igual forma los estilos de vida se distinguen por el consumo indebido de productos y envases desechables, haciendo que la cultura del desperdicio se generalice bajo el auspicio de frases tales como “úselo y tírelo”, provocando de esta manera, desmesuradas cantidades de residuos contaminantes.

En los países industrializados la producción de residuos contaminantes ha rebosado los límites admisibles y tolerables por la población a tal punto de no contar con los lugares necesarios para disponer, enterrar y verter sus propios residuos. El poder económico con que cuentan estos les hace posible pensar en la imperiosa necesidad de expandir su contaminación a otras fronteras; sin importar a que otros países ayuden a incrementar el impacto generado por los residuos sólidos a todos los elementos del ambiente y contribuyendo al debilitamiento en la salud y bienestar y del resto que habitamos este planeta.

Naranjo (2013), en su trabajo de investigación **“Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost”** indica que, Al incorporar abono orgánico, se mejora las propiedades químicas, aumenta el contenido en macro nutrientes N, P, K

y micro nutrientes, mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos, la población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo, se prevé la utilización del compost como abono orgánico para mejorar las características del suelo y Proveer de nutrientes suficientes a los cultivos, en relación con su empleo en la agricultura tiene gran importancia como mejorador del medio ambiente y del suelo.

La atenta observación de los procesos naturales de degradación y transformación de la materia orgánica y la constante experimentación, han permitido conocer la dinámica, los elementos y los procesos que intervienen en el compostaje. A lo largo del tiempo se han desarrollado varias técnicas que imitan ese proceso natural, mucho más lento. En la tranquilidad de los bosques lleva años de lenta transformación, pero podemos reproducirlo en condiciones controladas y acelerarlo para que se realice en apenas unos meses.

Cruz (2000), cita que, **en Azuay, Cañar, Loja y Tungurahua, el sistema de producción implantado bajo los argumentos de la “Revolución Verde”**, incitó al uso indiscriminado de químicos, causando erosión, salinidad, compactación y contaminación edáfica, reduciéndose las cosechas y calidad de los productos, destruyendo la mayoría de suelos agrícolas. La producción de compost y humus aún es doméstica, lenta y empírica, lo practican pequeños agricultores para utilizar en sus cultivos. Para su elaboración usan rastrojos, malezas, estiércol y residuos vegetales, para disponer de suelos fértiles, de textura media, con buena cantidad de materia orgánica. El suelo se volverá fértil cuando se haya restituido en sus nutrientes

minerales y no minerales mediante la adición de compost o bioabono por modificación microbiana.

En los colegios Agropecuarios y en la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca, EMAC, en su planta de elaboración de humus, tardan más de 150 días en cosechar los bioabonos. De las cantidades de desechos orgánicos que dedican al compostaje, obteniendo entre el 30 y 40%. Por lo general, el control de las composteras no es sistemático, se descuida la aireación, humedad y pH de la biomasa con la que se trabaja y no se registra sus contenidos cuantitativos y cualitativos.

Sir Albert Howard, agrónomo inglés, quien estuvo en la India entre los años 1905 y 1934, practicó por primera vez el «método indore», desarrolló la técnica de compostar, para el mejoramiento de los terrenos de cultivos e incrementar la producción en la región; concluyó que los residuos animales y plantas sanas que caen en el suelo mejoran la fertilidad de éste debido al abundante humus.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Minaya (2013), en la tesis “**obtención de compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geo membrana**”. Hace mención que esta práctica se inició en el Perú en 1940 en la estación experimental agrícola de la Universidad Nacional Agraria la Molina, a través de experimentos empíricos con residuos de rastrojo y heces de los vacunos.

Desde 1985 se está realizando una amplia promoción del proceso de elaboración del compost, en las comunidades campesinas de la zona andina, a cargo de algunas instituciones privadas (ONG) que ejecutan proyectos de desarrollo rural integral, tales como IDEAS, EDAC en Cajamarca, IDMA en Huánuco. Además, es de mencionar la enseñanza de esta técnica en

escuelas rurales de Ancash, Cajamarca, Ayacucho y Celendín que vienen desarrollando la asociación evangélica LUTERANA de ayuda para el desarrollo comunal (DÍACONIA) con buenos resultados.

Los resultados de este tratamiento son una reducción de masa y volumen la reducción del contenido de humedad y la estabilización de la materia orgánica, permitiendo su uso agrícola o en jardinería.

Se envasará una vez pasado los procesos para la obtención de compost en una bolsa de polietileno de las dimensiones de 20 cm. de ancho por 18 cm de largo para un 1kg del producto final del compost.

Carhuancho (2012), en su tesis **“Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración del biol en biodigestores tipo Batch como propuesta al manejo de residuo avícola”** en el año 2012 nos dice que en la investigación evaluó la calidad de biol obtenido del proceso de digestión del estiércol de gallina denominado gallinaza de dos tipos de crianza: el de piso y de jaula, además mezcla de ambas en biodigestores tipo Batch. A lo largo del proceso de digestión se evaluaron dos parámetros fisicoquímicos; pH y temperatura. En los quince primeros días se observó un descenso de pH, luego se estabilizó a lo largo del proceso de digestión anaerobia en un medio ácido. La temperatura varía en relación de pH, encontrándose en la etapa mesofílica excepto los tratamientos de mezcla de gallinazas, este proceso redujo en los tres tratamientos la cantidad de coliformes fecales y totales los cuales cumplen con los ECA de agua de riego y como fertilizante según el MINAM y EPA respectivamente. Sin ningún pre tratamiento de la gallinaza a 90 días se logra reducir el contenido de coliformes fecales y totales. Por último, se realizó la prueba de toxicidad para evaluar la calidad del biol, se ha medido

el índice de germinación y la longitud de radículas del maíz. Siete dosis de estos materiales (biol/agua) fueron preparadas en varias proporciones, un control sin adición también fue incluido. Los resultados incluyeron que la semilla de radicular del maíz no afectó cuando la dosis varía entre los tres tipos de bioles. Al finalizar la investigación se concluye que el biol obtenido de la gallinaza de piso presenta mejor calidad de nutrientes sin efecto de toxicidad en mínimas concentraciones.

Enrique (2013), en su tesis **“Producción del compost a base de lechugin utilizando en tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A y su efecto en el cultivo de lechuga”** esta investigación tuvo como objetivo general producir compost a base de lechuguín (*Eichornia crassipes*) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A., y evaluar su efecto en el cultivo de lechuga. Llegó a las conclusiones siguientes: En base a los estudios y análisis realizados a cada uno de los tratamientos y haciendo referencia a los contenidos de As, B y Hg determinados en el lechuguín; donde se observa que el lechuguín, no es el factor que eleva los valores de estos contaminantes en el compost; y se comprueba la hipótesis alternativa, demostrando que es posible producir compost a base de lechuguín (*Eichornia crassipes*), utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A.

Quispe (2012), en la tesis **“Compostaje de residuos orgánicos y de lenteja de agua (*lemma sp.*) Con aplicación microorganismos eficaces”** nos dice que en análisis se realizó en las instalaciones del laboratorio de biología de la Facultad de Ciencias biológicas durante los meses de octubre a diciembre del 2012, con el fin de elaborar compost a partir de residuos

orgánicos domésticos y lenteja de agua aplicando microorganismos eficaces a tres dosis en la cual se evaluó el tiempo de descomposición a 75 días fue la lenteja de agua, 50 días los residuos sólidos ambos con 200 ml. El pH de lenteja de agua 6.5, residuos organicos 6.4 en todo fue dosificado con cálculos estadísticos.

Peña (2012), desarrolló en la Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto – Perú en su tesis titulada **“Determinación de la concentración de nutrientes N, P, K en los residuos sólidos orgánicos selectivos provenientes del mercado Ayaymaman, mediante la técnica del compostaje, Moyobamba”**; aclara que la clasificación por sectores de generación de los residuos sólidos orgánicos en el mercado Ayaymaman, precisaron el sector comidas, el sector frutas y verduras, y el sector jugos.

El análisis de varianza y prueba de Duncan de la materia orgánica del contenido de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, no presentaron significancia ni diferencia estadística entre los promedios porcentuales; sin embargo, los valores de pH de los sectores comida, testigo, frutas – verduras y jugos, fueron, 10.788, 10.590, 9.952 y 8.904 respectivamente, el testigo alcanzó una conductividad eléctrica mayor, con 16.376 unid., y con similitud estadística de 11.872 unid., pero el sector jugos fue de 7.098 unidades.

2.1.3 Antecedentes locales

Tolentino (2016), en su tesis **“Efecto de diferentes dosis de la cepa biológica (M&F) en el proceso de compostaje de residuos sólidos del caserío de San Miguel – Chaglla”** nos dice que las actividades antrópicas han originado la generación de gran cantidad de residuos sólidos urbanos los cuales necesitan ser tratados para reducir la contaminación. Ante esta

problemática surge como una alternativa el proceso del compostaje como método eficiente en la reducción de estos residuos, ya que permite el aprovechamiento del producto final, en el proceso de compostaje. Por ello la investigación tiene como objetivos evaluar la mejor dosis de la cepa biológica (M&F) mediante el tiempo de descomposición, determinar el peso del producto final, evaluar la temperatura y pH en el proceso de compostaje y determinar la calidad del compost mediante los parámetros físico químico del producto final. Se empleó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones con el objetivo evaluar el efecto de diferentes dosis de la cepa biológica (M&F) en el proceso de compostaje de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios, lo cual fue comparado mediante diferentes dosis: 0L, 2L, 4L y 6L de M.E – A/20L de agua. Los resultados indican que la dosis más adecuada para un menor tiempo de descomposición, peso y calidad de compost del producto final fue en el T2 con 4L de M.E – A/20L de agua. Así mismo se determinó que el mayor tiempo de descomposición, menor peso y calidad del producto final fue en el testigo T0 (0L de M.E – A/20L de agua).

Martel (2014), en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), Tingo María, Huánuco – Perú ; en la tesis “**Caracterización preliminar de la agricultura convencional y orgánica en la comunidad de Vinchos, distrito de Churubamba, provincia de Huánuco**”, con esta investigación se llegó a la conclusión que en la comunidad de Vinchos, que la aplicación de las técnicas agroecológicas son básicas por la mayor parte de la población 85%, pero aún falta impulso en otro tipo de técnicas agroecológicas más avanzadas para poder mejorar la producción de los campesinos. En cuanto a cultivos, se

practica bastante la asociación de cultivos, dándose entre maíz y frijol, maíz y calabaza y maíz y habas. Sin embargo, no se hace ningún tipo de control ecológico de plagas, lo cual ayudaría a disminuir el uso de pesticidas. Por último, hay una escasa producción de enmiendas orgánicas, (como el bocashi o biol), cuya elaboración mejoraría el aporte de nutrientes a los cultivos; teniendo en cuenta, además, que varios de los elementos para su elaboración lo pueden obtener en el mismo medio rural.

Ascazubi (2011), en su tesis **“Evaluación de 6 composiciones de compost de material vegetal de rosas enriquecido con Machati - Cat utilizando como planta indicadora la remolacha”** menciona que esta investigación tuvo como objetivo evaluar el desarrollo de compostaje con rosas enriquecido con Machachi–Cat, llegando a las siguientes conclusiones: Se considera que el material vegetal de rosas base es muy adecuado pues mantuvo similares temperaturas que cuando se adicionó los materiales nitrogenados, los cuales provocan incrementos de temperatura; prácticamente la utilización del Machachi-Cat así como de los compuestos nitrogenados no afectaron al pH del compost a lo largo de las 10 semanas de evaluación; sin embargo la relación carbono – nitrógeno en la primera evaluación semanal se diferenció el compost normal y el de gallinaza con respecto al compost de harina de pescado, en las evaluaciones subsiguientes se equipararon.

2.2 Bases teóricas

El hombre desde épocas remotas ha utilizado los residuos orgánicos como fuente de materia orgánica para sus cultivos y como acondicionadores de suelos La primera referencia a la aplicación de técnicas para transformar los

residuos agrícolas y ganaderos en abonos se encuentran en China, India y Japón, donde eran conocidas y aplicadas hace más de 4.000 años. El contacto con otros pueblos y civilizaciones durante los siglos de invasiones y conquistas propiciaron que este conocimiento se transmitiera entre otras culturas. Principalmente fueron los árabes los que facilitaron que estas técnicas llegaran a Europa, donde se realiza la primera referencia escrita del proceso de compostaje.

El primer desarrollo significativo del compostaje en el siglo pasado proviene de una experiencia realizada en la India, llevada a cabo por el inglés Albert Howard desde 1905 a 1947, basado en el método que se conoce como proceso “Indore” en homenaje al estado donde se realizaron los experimentos y se marcaron los primeros avances en el sistema de pila con volteo. Fue en el año 1925 cuando en Europa comenzó a estudiarse la posibilidad de descomponer a gran escala las basuras de las ciudades con la puesta en marcha del método Indore. Simultáneamente a las experiencias que se obtenían en la India, en Italia en el año de 1922, se desarrollaba un método que utilizaba tanto el proceso aeróbico como anaeróbico en un sistema cerrado, este proceso se denominó “Beccari”.

En 1929 se estableció la primera planta de compostaje en Wijster, Holanda, y en 1932 en la ciudad holandesa de Hanmer se instaló la primera planta de compost hecho con las basuras urbanas con el método denominado “Maanen” (modificación del sistema Indore que consistía en usar grandes trincheras). A principios de la década de los 60, había en Europa 37 plantas y a los inicios de la década de los 70 se incrementó a 230 plantas. En la década de los cincuenta, se realizaron estudios de compostaje de residuos sólidos urbanos

por parte de las Universidades de Michigan y California en EE.UU obteniendo un producto final de buena calidad (Opazo G, 1991, pág. 81).

La palabra Compost viene del latín “componer” (juntar). La definición más aceptada de compostaje es “La descomposición biológica aeróbica (en presencia de aire) de residuos orgánicos en condiciones controladas.

Esta técnica se basa en un proceso biológico que se realiza en condiciones de fermentación aerobia (con aire), con suficiente humedad y que asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un alimento homogéneo y altamente asimilable para nuestros suelos; ya que se asocia a sustancias húmicas que están presentes en el suelo, que es la esencia del buen vivir de un ambiente saludable, fértil y equilibrado en la naturaleza. En este proceso biológico interviene gran cantidad de población microbiana compuesta por bacterias, actinomicetos, y hongos, que son los responsables del 95% de la actividad del compostaje, además de algas, protozoos y cianofíceas (algas). Adicionalmente, en la fase final de este proceso intervienen también macro-organismos, tales como: colémbolos, ácaros, lombrices y otros pertenecientes a diversidad de especies.

Durante el compostaje, parte de la materia orgánica es mineralizada generando dióxido de carbono, agua y calor, mientras que la otra parte es transformada en sustancias húmicas que son estructuralmente muy similares a las presentes en el suelo. Con el fin de mejorar el proceso de descomposición de materia orgánica se puede adicionar en el compostaje fertilizantes minerales, tales como ceniza, cal o cualquier roca de tierra (Pilar Román, 2013).

2.3 Definiciones Conceptuales

2.3.1 El compostaje

El compostaje, es posiblemente, el primer método de tratamiento de residuos orgánicos más antiguo que se conoce. No hay una fecha exacta o una civilización concreta a la que atribuirle su surgimiento, aunque probablemente sus inicios se encuentren cuando el ser humano pasó de ser nómada a sedentario. La causa principal del sedentarismo fue el descubrimiento de la agricultura y con ello llegó también la domesticación de animales, en este momento aparecen residuos de naturaleza orgánica (excrementos animales, restos agrícolas...) Que aprovechaban para su uso en agricultura. Estos inicios del aprovechamiento de los restos orgánicos se basaban en la experiencia y se hacía sin conocimiento de los fundamentos del proceso. Al mezclar los excrementos de animales con el resto de las cosechas, se generaba calor, y la masa inicial se transformaba en un producto beneficioso para las cosechas. Desde entonces los agricultores, han seguido esta práctica, utilizando el producto resultante como abono. (Camacho, 2013)

Estos inicios del aprovechamiento de los restos orgánicos se basaban en la experiencia y se hacía sin conocimiento de los fundamentos del proceso.

El compostaje se define como: un proceso bio-oxidativo controlado en el que intervienen numerosos y variados microorganismos, que requieren una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, que pasa por una etapa termófila y una producción temporal de fitotoxinas, dando al final, como productos de los procesos de degradación, dióxido de carbono, agua y minerales, así como materia orgánica estabilizada, libre de fitotoxinas

y dispuestas para su empleo en agricultura sin que provoque fenómenos adversos (Camacho, 2013).

El compost es un abono orgánico que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos de origen vegetal y animal que han sido descompuestos bajo condiciones controladas. Este abono orgánico proviene de un proceso biológico aerobio (resultado de la humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo), mediante el cual los microorganismos actúan sobre excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener “compost”, que es un abono que mejora la estructura del suelo y ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas (MINAYA, 2013).

2.3.2 Factores del proceso del compostaje

En el proceso de compostaje, los agentes responsables de la transformación son los microorganismos, por lo que todos los factores que afecten a la evolución de los mismos afectarán también al proceso. Aunque son muchos los factores que intervienen en el proceso cabe destacar la temperatura, humedad, pH, aireación, relación C/N y tamaño de las partículas. Estas variables estarán influenciadas por las variables ambientales, el tipo de residuo y el sistema de compostaje elegido. (Camacho, 2013)

- **Temperatura**

Debido a que en el compostaje es un proceso donde los residuos se descomponen aeróbicamente, la temperatura juega un papel muy importante a lo largo del proceso. La degradación aeróbica es un proceso altamente exotérmico y el calor que se produce resulta en un incremento de temperatura, de manera que un incremento en la temperatura de la masa que se está

compostando confirmará la existencia de actividad microbiana. Cada especie microbiana tiene un rango de temperatura óptimo en el que su actividad y crecimiento son más efectivos, durante el proceso de compostaje intervienen básicamente los microorganismos mesófilos cuyo rango de temperatura varía 15-40 °C y los termófilos 40-70°C. Por la evolución de la temperatura se puede juzgar la eficiencia y el grado de estabilización del compost; las pilas necesitan ser volteadas para su oxigenación y así evitar procesos anaeróbicos, con cada volteo existe un aumento de temperatura producido por la degradación de los residuos, una vez la materia orgánica se ha consumido no deberían existir picos de temperatura (Camacho, 2013).

- **Humedad**

La presencia de agua resulta imprescindible en el proceso de compostaje para que los microorganismos puedan mantener sus necesidades fisiológicas, de ahí que la humedad cobre gran importancia en el proceso. Es necesario controlar el nivel de humedad, pues un exceso impediría la presencia de oxígeno en la matriz lo que lo convertiría en un factor limitante además de favorecer condiciones de anaerobiosis. La humedad disminuye a lo largo del proceso debido al aumento de temperatura que generan los microorganismos en la descomposición, por lo que habría que añadir agua según se fuera necesitando durante el proceso. Los niveles de humedad óptimos deberían oscilar entre 40-60, por encima de este rango el agua desplazaría el aire de los poros produciendo anaerobiosis y por debajo 40 se disminuiría la actividad de los microorganismos pudiéndose convertir en un factor limitante para la descomposición (Camacho, 2013).

- **pH**

El pH inicial dependerá de la naturaleza del producto y variará a lo largo del proceso debido a la acción de los microorganismos. Durante las fases iniciales del compostaje el pH suele disminuir debido a la formación de ácidos grasos provenientes de la descomposición de los microorganismos sobre la materia orgánica más lábil, no obstante, existe una progresiva alcalinización a lo largo del proceso, debido a la descomposición de las proteínas que dan como producto amoníaco. Por tanto es conveniente realizar un seguimiento del pH durante todo el proceso ya que si en algún momento este cae hasta la alcalinidad podrían estar dándose condiciones de anaerobiosis (Camacho, 2013).

Considerado como indicador de la evolución del compostaje. Durante el proceso el pH desciende inicialmente como consecuencia de la formación de ácidos orgánicos, a medida que el proceso avanza el valor del pH aumenta hasta valores entre 6,5 y 8,5. El pH tiene influencia directa sobre la disposición de los nutrientes, y además influye en el valor de la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. Los valores adecuados de pH deben estar próximos a la neutralidad o ligeramente ácidos (Carrión, 2015).

- **Aireación**

Al tratarse de un proceso aeróbico, el oxígeno es indispensable para que los microorganismos puedan realizar la degradación correctamente. Durante el proceso biooxidativo el contenido de oxígeno va disminuyendo, sobre todo cuanto más bajamos en el interior de la pila, y el dióxido de carbono va aumentando. Si no se produce una aireación los microorganismos aeróbicos serán sustituidos por los anaeróbicos, la velocidad de descomposición

disminuirá y aparecerán malos olores y gases nocivos como el metano o el sulfhídrico, procedentes de la anaerobiosis. Hay que tener cuidado porque una aireación excesiva puede producir el enfriamiento de la pila y reducir la actividad metabólica del proceso (Camacho, 2013).

Dado que el compostaje es un proceso de oxidación, resulta imprescindible la presencia de un nivel adecuado de aire y por tanto de oxígeno, para lo cual se recurre al volteo periódico o a la ventilación forzada de las pilas. Los microorganismos deben disponer de oxígeno suficiente para la realización del proceso aerobio, si se garantiza el oxígeno necesario, se puede obtener un compost rápido y de buena calidad, evitándose problemas de malos olores.

Cuando la aireación es insuficiente la fracción orgánica se descompone lentamente y de forma anaerobia, originando malos olores, menores temperaturas y un material de mala calidad. El consumo de Oxígeno está en relación directa con la actividad microbiana, por lo que la aireación debe incrementarse cuando la temperatura de la masa aumenta. El mayor consumo de Oxígeno coincide con temperaturas comprendidas entre 28 y 55°C (Carrión, 2015).

- **Tamaño de las partículas**

El tamaño inicial de las partículas es un factor muy importante en cuanto a que va a determinar la superficie expuesta al ataque microbiano. Cuanto mayor sea esta superficie más rápida y completa serán las reacciones bioquímicas. Si los tamaños de las partículas son demasiado grandes se generan abundantes espacios por los que puede haber una pérdida significativa de humedad y por tanto una disminución de la actividad

microbiología. Por otra parte, un tamaño excesivamente pequeño generaría problemas de compactación lo que conllevaría a un descenso en la entrada de aire y oxigenación que provocaría de nuevo la disminución de la actividad microbiana. Los tamaños óptimos varían según autores: entre 1-5cm, 2-5 cm o 2,5-2,7 (Camacho, 2013).

- **Relación C/N**

En el proceso de compostaje, los microorganismos obtienen la energía para sus procesos metabólicos del carbono y sintetizan su material celular a partir del nitrógeno, por tanto, la relación C/N es un factor indispensable para que el proceso de compostaje se dé correctamente. Los microorganismos utilizan generalmente unas 25-30 partes de carbono por cada parte de nitrógeno, por ello se considera esa relación como la óptima para el proceso de compostaje, aunque variará dependiendo de los materiales de partida. Cuando la relación C/N es elevada, por encima de 40, el nitrógeno se convierte en un factor limitante y el proceso se ralentiza, ya que los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono debido a la baja disponibilidad de nitrógeno para la síntesis proteica. Si la relación C/N es baja el compostaje será más rápido pero el exceso de nitrógeno se perderá en forma de amoníaco, que, si bien no supondría un efecto negativo para el compostaje en sí, al ser un gas de efecto invernadero sí que supondría un problema ambiental.

La relación decrece a medida que avanza el proceso de compostaje hasta que se estabiliza con el proceso de maduración. Un compost totalmente maduro tendría una relación cercana a la que tiene el humus, en torno a 10, aunque

en la práctica se considera que un compost está maduro si la relación es < 20 (Camacho, 2013).

La concentración de carbono orgánico total es un indicador de su concentración en materia orgánica y por tanto un índice e calidad. La relación C/N se usa tradicionalmente como indicador de la madurez y estabilidad de la materia orgánica. Una mala relación repercuten sobre la movilidad del nitrógeno y la baja disponibilidad de oxígeno (Carrión, 2015).

<i>Material</i>	<i>C/N</i>
<i>Residuos de comida</i>	15/1
<i>Madera (según especie)</i>	700/1
<i>Papel</i>	170/1
<i>Pasto fresco</i>	10/1
<i>Pasto seco</i>	19/1
<i>Hojas (según hojas)</i>	Entre 40/1 y 80/1
<i>Desechos de fruta</i>	35/1
<i>Estiércol de vaca descompuesto</i>	20/1
<i>Estiércol de caballo</i>	25/1
<i>Estiércol de cerdo</i>	20/1
<i>Estiércol de ave</i>	15/1
<i>Estiércol de oveja</i>	22/1
<i>Tallos de maíz</i>	60/1
<i>Paja de trigo</i>	128/1
<i>Alfalfa</i>	13/1
<i>Humus</i>	10/1
<i>Trébol verde</i>	16/1

<i>Trébol seco</i>	16/1
<i>Rastrojo de leguminosas</i>	15/1
<i>Aserrín</i>	500/1
<i>Cartón</i>	560/1

Fuente: manual para la elaboración de compost (OPS).

Ilustración 1:Relacion carbono - nitrógeno

- **Materia orgánica**

El carbono es la principal fuente de energía para los microorganismos, por tanto, la evolución de la materia orgánica dará idea de la evolución del proceso del compostaje. Durante el compostaje la materia orgánica tiende a descender debido a su mineralización, llegando a representar casi el 20% en peso de la masa (Camacho, 2013).

Durante el compostaje se produce la degradación de la materia orgánica, produciendo la mineralización parcial de compuestos orgánicos complejos, que se transforman en agua CO₂ y sustancias húmicas. Como se puede entender la pérdida de materia orgánica es un indicador del grado de mineralización alcanzado durante el proceso de compostaje. Se puede decir que la tasa de degradación fue aceptable en todos los tratamientos estudiados (Quizhpi, 2014, pág. 11).

- **Conductividad eléctrica**

Este parámetro vendrá definido por la concentración de sales del material de partida y en menor medida por los iones amonio o nitratos formados durante el proceso. Durante el proceso la mineralización de la materia orgánica produce un aumento de nutrientes y esto hace la CE se eleve. Si existe una gran humectación puede producirse un lavado de sales por lo que bajara la CE. A la hora de aplicar el compost final al suelo habrá que tener en cuenta

su concentración de sales pues un exceso de salinidad dificultaría la absorción de agua por las plantas (Camacho, 2013).

Menciona La conductividad eléctrica sigue una evolución similar a la del pH. En los primeros días se da un descenso como consecuencia del crecimiento microbiano que consume parte de las sales presentes y, posteriormente, se recupera el valor de CE como consecuencia de la liberación de sales al degradar las población es microbianas los componentes de la masa en maduración (MINAYA, 2013).

2.3.3 Fases del proceso del compostaje

Durante el proceso de compostaje, las actividades combinadas de microorganismos hacen que se puedan dividir en 4 etapas dependiendo de la temperatura: mesofílica, termofílica, enfriamiento y maduración

- **Etapas mesofílica**

Durante el inicio de esta etapa el proceso de compostaje se encuentra a temperatura ambiente lo que facilita el desarrollo y la acción de la microbiotamesofílica (mayoritariamente bacterias mesofílicas (Tolentino L. B., 2016)) que descomponen los compuestos orgánicos fácilmente biodegradables (azúcares sencillos, aminoácidos, proteínas...). Como resultado de la biodegradación es frecuente que el pH se acidifique debido a la producción de compuesto de naturaleza ácida, tipo aminoácidos procedentes de las proteínas, lo que favorece la aparición de hongos mesofílicos más tolerantes a estas condiciones.

Debido a la actividad metabólica de todos estos microorganismos, la temperatura aumenta hasta los 40 °C aproximadamente entrando en la etapa termófila. Es importante que la relación C/N en esta fase del proceso se

encuentre en torno a 30 pues los microorganismos necesitan el carbono para realizar los procesos metabólicos y el nitrógeno para sintetizar nuevas moléculas. Si la proporción es mayor la actividad metabólica disminuiría y si es menor la acumulación de amoníaco, tóxico para la población bacteriana, pararía el proceso (Camacho, 2013).

La masa vegetal está a temperatura ambiente y los micro organismos mesófilos se multiplican rápidamente como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hace bajar el pH (MINAYA, 2013).

- **Etapas termofílica**

En esta etapa, por encima de los 40°C, aparecen bacterias y hongos termofílicos, además de los primeros actinomicetos y se inicia la degradación de compuestos más complejos. La actividad microbiana es máxima esta fase haciendo que la temperatura aumente constantemente hasta alcanzar valores en torno a los 70°C. La degradación de los ácidos producidos de la etapa anterior hace que el pH vuelva a estar en torno a la neutralidad. Debido a las altas temperaturas alcanzadas se produce la higienización del material orgánico, eliminando agentes patógenos o semillas de malas hierbas que pudieran contener los materiales de partida. Con la escasez de los materiales biodegradables y las altas temperaturas solo sobreviven algunas bacterias que no son capaces de mantener la actividad metabólica y la temperatura empieza a caer entrando en una nueva fase mesofílica o de enfriamiento.

Cuando se alcanza la temperatura de 40°C los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60°C reaparecen los hongos termófilos que invaden y

descomponen la celulosa. Al bajar de 40°C los meso filios también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente (MINAYA, 2013).

- **Etapas de enfriamiento**

En esta etapa aparecen de nuevo los microorganismos mesofílicos con una predominancia de hongos procedentes de las esporas formadas en la etapa anterior. La materia orgánica fácilmente degradable ya ha sido asimilada en las etapas anteriores y solo quedan moléculas complejas como la lignina y la celulosa y la biomasa de los microorganismos anteriores. Esto hace que la actividad metabólica se ralentice (MINAYA, 2013).

- **Etapas de maduración**

En esta etapa la temperatura y el pH se estabilizan, la actividad metabólica esta ralentizada y predomina la humificación con reacciones de policondensación y polimerización. Durante esta fase predominan los actinomicetos que intervienen en la formación de ácidos húmicos y son productores de antibióticos que inhiben el crecimiento de bacterias y patógenos. Además, aparecen otros organismos como nematodos o lombrices que al remover los materiales exponen nuevas superficies para que los microorganismos puedan colonizarlas y seguir con el proceso de maduración. Una vez finalizado el proceso quedara un producto estable o maduro en el que la descomposición microbiana es casi inexistente o se hace de forma muy lenta (MINAYA, 2013).

2.3.4 Sistemas de compostaje

Hay numerosos sistemas para llevar a cabo el proceso de compostaje, el clima del lugar en el que se realice, los materiales que se vayan a utilizar o la disponibilidad del terreno son factores, entre otros, que influirán decisivamente

en el método empleado. En líneas generales se pueden establecer dos categorías principales: sistemas abiertos y sistemas cerrados. Los primeros tienen un manejo e instalación más sencillos, además de un menor coste, sin embargo los sistemas cerrados requieren unas infraestructuras y una maquinaria especializada y más compleja que requieren unos costes elevados (MINAYA, 2013).

2.3.4.1 Sistemas abiertos o al aire libre

Estos sistemas son lo más sencillos pues el material a comportar se sitúa al aire libre, lo que implica también un menor costo. Dentro de estos se pueden distinguir atendiendo a si se mueve o no el sustrato (MINAYA, 2013).

Pilas con volteo

El material a comportar se dispone en pilas de unos 3 metros de largo y unos 5 de ancho y se remueve periódicamente para homogeneizar la temperatura, humedad y oxígeno. Después de cada volteo la temperatura bajará y volverá a subir como consecuencia de la actividad microbiana. La frecuencia de volteo dependerá mayoritariamente del tipo de material y de la humedad. El volteo se puede realizar “in situ” con una maquina volteadora y aunque el tiempo de volteo es menor el costo es muy elevado, o con una máquina ayudada con una pala que es más económica pero tarda más pues tiene que conformar la pila en un lugar distinto del original (MINAYA, 2013).

Pilas estáticas

Dentro de los sistemas abiertos es el más económico y relativamente el más sencillo. Los materiales se amontonan en el suelo o el pavimento formando

pilas similares al sistema anterior, variando en función de su aireación (MINAYA, 2013).

Con aireación pasiva

La aireación de la pila se realiza de forma natural por unos tubos que atraviesan la pila, de manera que, cuando el aire caliente sube desde el centro de la pila crea un vacío parcial que aspira el aire de los lados.

Con aireación forzada

El aporte de oxígeno se realiza a través de un sistema mecánico de ventilación mediante tubos perforados, esto permite tener un mayor control de la concentración de oxígeno y favorecer la actividad de los microorganismos. Normalmente disponen de unos sensores de temperatura, cuando esta llega a los 60°C aproximadamente se inyecta aire para que la temperatura descienda y se produzca una reactivación de las actividades metabólicas de los microorganismos.

2.3.4.2 Sistemas cerrados

En estos sistemas el compostaje se lleva a cabo en reactores cerrados lo que supone un elevado costo, pero permiten controlar los distintos parámetros del proceso de una forma más eficaz, disminuye el tiempo de obtención del compost final y se controlan los olores y gases que se transportan al aire. Generalmente el compost resultante de estos sistemas no presenta un suficiente grado de madurez, es necesario someterlo a un proceso de maduración al aire libre o en naves abiertas.

En estos sistemas se distinguen normalmente dos grupos, reactores verticales y horizontales, que pueden operar de forma continua, el material a compostar

se encuentra en forma de masa única, o discontinua, el material a compostar se encuentra fraccionado en distintos niveles.

Reactor vertical continuo

Estos reactores suelen tener una altura de entre 4-10 metros y un volumen total de 1000 a 3000 metros cúbicos. Consta de un cilindro aislado térmicamente con un sistema de aireación y salida del material en su parte inferior. La masa a compostar se introduce por la parte superior del reactor, el aire entra por la parte inferior, recorre toda la masa y sale por arriba mediante un mecanismo de succión. El material compostado sale por la parte inferior. El control de la aireación se realiza dependiendo de la temperatura y características de los gases de salida. El tiempo de residencia es aproximadamente de 2 semanas.

Reactor vertical discontinuo

Estos reactores están formados por grandes cilindros divididos en varios niveles de dos a tres metros de altura cada uno. El material a compostar se sitúa en el piso más alto y mediante volteos por dispositivos mecánicos va descendiendo a los niveles inferiores una vez el último piso la digestión ha concluido y el compost es retirado para el proceso de maduración. El tiempo de permanencia es de 1 semana, pero el costo de instalación y mantenimiento.

Reactor horizontal continuo

Estos reactores constan de un cilindro horizontal que va girando sobre su propio eje, el material a compostar entra por un extremo y se va mezclando con la rotación hasta salir por el otro extremo. La aireación se realiza a

contracorriente por un ventilador, el tiempo de permanencia de los materiales en el reactor es de 24-36 horas.

2.3.5 Clasificación del compost

Los tipos de compost se pueden clasificar atendiendo a la etapa en que se encuentre el compost, esto es, dependiendo del grado de transformación que haya alcanzado durante el proceso, se pueden clasificar en frescos, maduros y curados (MINAYA, 2013).

- **Compost fresco**

El material a compostar ha pasado por una fase termófila, habiendo experimentado una descomposición parcial y habiéndose eliminado los patógenos, pero aún no está estabilizado. Al continuar con el proceso de degradación una vez añadido al suelo, no es conveniente aplicarlo directamente a los cultivos pues podría provocar reacciones adversas. Sin embargo, se logra una buena estabilización para la recuperación de suelos degradados o la preparación del suelo entre cosechas, aplicándolo a una profundidad de 5-10 cm.

- **Compost maduro**

El material a compostar ha sufrido una fase de maduración, es el producto final de la fase de maduración y cumple los requisitos específicos sanitarios y de estabilización. Este tipo de compost se puede aplicar sobre los cultivos, aunque no conviene que este en contacto directo con el sistema radicular porque podría efectos negativos sobre el crecimiento de la planta

- **Compost curado**

El material a compostar ha sufrido un largo proceso de maduración y mineralización por lo que es un producto altamente estabilizado. Este tipo de compost se puede aplicar a los cultivos como sustrato, incluso aunque esté en contacto directo con el sistema radicular.

2.3.6 Calidad del compost

Dado que el compost tiene la finalidad de ser empleado como sustrato de cultivo o como enmienda orgánica de suelos, debe cumplir unas características y/o unos criterios de calidad que no comprometan el buen funcionamiento de los sistemas. El material de partida juega un papel muy importante pues determinará la calidad del material final, un material con alto contenido de nutrientes, materia orgánica y un contenido bajo en metales pesados, dará como resultado un compost que cumplirá con buena parte de las necesidades nutricionales de cultivos y suelos. También hay que asegurar que durante el proceso de compostaje se hayan dado temperaturas elevadas, durante el tiempo necesario para eliminación de organismos patógenos o malas hierbas y que el proceso de maduración se haya dado correctamente y el compost final sea un producto estable. El aspecto y el olor, la granulometría, la capacidad de retención de agua, la humedad y la relación C/N son otros parámetros a tener en cuenta (MINAYA, 2013).

La calidad de compost depende de los parámetros que intervienen durante el proceso de fermentación y maduración (temperatura, humedad, relación Carbono – Nitrógeno, presencia de oxígeno, pH, etc.), los cuales generalmente oscilan dentro de unos rangos debido a la heterogeneidad de

la mezcla inicial (los residuos) y a las posibles variaciones estacionales en su composición

La calidad del compost está afectada por el material original (grado de digestión, contenido original de nutrientes, etc.) y por el sistema de compostaje utilizado. Para evaluar la calidad de los materiales orgánicos, durante y al final del proceso de compostaje, se proponen criterios basados en la cuantificación de los parámetros físicos, químicos y biológicos. Estos criterios definen las características benéficas del compost y permiten recomendar su aplicación para diferentes finalidades agrícolas (Quizhpi, 2014).

2.3.7 Propiedades de la materia orgánica

2.3.7.1 Propiedades físicas

Confiere al suelo un determinado color oscuro.

Estructura. Influye tanto en la formación como en la estabilización de los agregados. Las sustancias húmicas tienen un poder aglomerante, se unen a la fracción mineral y dan buenos flóculos en el suelo originando una estructura grumosa estable, de elevada porosidad, lo que implica que la permeabilidad del suelo sea mayor.

Tiene una gran capacidad de retención de agua lo que facilita el asentamiento de la vegetación, dificultando la acción de los agentes erosivos

La temperatura del suelo es mayor debido a que los colores oscuros absorben más radiaciones que los claros.

Protege al suelo de la erosión. Los restos vegetales y animales depositados sobre la superficie del suelo lo protegen de la erosión hídrica y eólica. Por otra

parte, como ya hemos mencionado, el humus tiene un poder aglomerante y da agregados que protegen a sus partículas elementales de la erosión.

Protege al suelo de la contaminación. La materia orgánica adsorbe plaguicidas y otros contaminantes y evita que estos percolen hacia los acuíferos.

Aumenta el rango de humedad en el que el suelo se comporta como friable (consistencia ideal para realizar el laboreo), debido a su capacidad de absorber agua y no manifestar plasticidad. (MINAYA, 2013)

Mejora su textura y su permeabilidad del suelo (regulación del balance hídrico del suelo), lo que facilita su aireación y por lo tanto la respiración de las raíces de las plantas. (Quizhpi, 2014)

2.3.7.2 Propiedades químicas

Las sustancias húmicas tienen propiedades coloidales, debido a su tamaño y carga (retienen agua, hinchan, contraen, fijan soluciones en superficie, dispersan y flocculan).

La materia orgánica es por tanto una fase que reacciona con la solución del suelo y con las raíces.

Capacidad de cambio. La materia orgánica fija iones de la solución del suelo, los cuales quedan débilmente retenidos, están en posición de cambio, evitando por tanto que se produzcan pérdidas de nutrientes en el suelo.

La capacidad de cambio es de 3 a 5 veces superior a la de las arcillas, es por tanto una buena reserva de nutrientes.

Influye en el pH. Produce compuestos orgánicos que tienden a acidificar el suelo.

Influye en el estado de dispersión/floculación del suelo

Es un agente de alteración por su carácter ácido. Descompone los minerales (MINAYA, 2013).

Proporciona cantidades variables de nutrientes especialmente de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, hierro, que se van liberando lentamente, facilitando el aprovechamiento por las plantas y estimulando su ciclo vegetativo

Los abonos orgánicos (compost) forman complejos que detienen los macro y micronutrientes, evitando su pérdida por lixiviación; además, incrementan la retención de la humedad en el suelo, y por ende proporciona a las plantas mayor resistencia a la sequía en épocas de verano (Quizhpi, 2014).

Abono	N – total %	P₂O₅ %	K₂O %	M.O %	C.E	pH 1:1
orgánico						
Estiércol	1.64	0.96	4.95	49.06	19.65	7.6
Compost	1.39	0.67	0.68	45.10	8.6	6.4
Humus	1.54	0.21	0.46	49.44	3.8	4.6
lombriz						

Fuente: coronado, M (1998). Manual de prevención y minimización de la contaminación industrial

Ilustración 2 Composición química de diferentes abonos orgánicos

2.3.7.3 Propiedades biológicas

Aporte de nutrientes a los microorganismos y fuente de energía (MINAYA, 2013). La característica más importante de la materia orgánica, es que casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en

gases y sólidos orgánicos e inorgánicos relativamente inertes. La producción de olores y la generación de moscas están relacionadas también con la naturaleza putrefactible de los materiales orgánicos. (santiago gabriel, 2012).

Otros beneficios complementarios del proceso de compostaje están en la reducción de malos olores producto de la pudrición y en la eliminación de vectores como insectos y ratas. También tiene una función muy importante en la eliminación de patógenos humanos, bacterias contaminantes de alimentos, de las semillas de malezas y otras plantas no deseadas (Pilar Roman, 2013).

Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. La población microbiana es un indicador de la fertilidad (RENZA, 2008).

2.3.8 Microbiología del compost

El compostaje es un proceso complejo en el que intervienen una amplia gama de microorganismos que atacan a los residuos orgánicos. Los principales microorganismos que se encuentran presentes en el proceso son: hongos, bacterias (responsables del 95 % de la actividad de descomposición), actinomicetos y posiblemente también protozoos y algas (Quizhpi, 2014).

Efectos en la microbiología del suelo: suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen (Naranjo Pacha, 2013).

La determinación de la actividad microbiológica de los compost esta en relación con la calidad del mismo. En la actividad microbiana se distinguen

procesos generales como: determinación de C y N de la biomasa microbiana, mineralización del nitrógeno, determinación del ATP, respiración del suelo, o actividades oxidorreductasas como deshidrogenasa y catalasa, otros procesos considerados específicos como: la actividad enzimática del tipo hidrolasas que corresponden a reacciones concretas y dependen de sustratos específicos. Su utilidad está en la calidad biológica y bioquímica de aquellos suelos donde se aplique el compost (Carrión, 2015).

2.3.8.1 Bacterias del compost

Las bacterias predominan en la actividad microbiana del compostaje aún más que los hongos. La población real de las bacterias depende del tipo de material básico, de las condiciones locales y de las enmiendas utilizadas.

Se han identificado diversas especies de bacterias en el compostaje de los residuos agrícolas pertenecientes al género *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter* y *Alcaligenes*. En la primera etapa del compostaje se encuentra un gran número de especies, en la que predominan bacterias Gram negativas y entre ellos están *Streptococcus sp.*, *Vibrio sp.* Y bacterias Gram positivas como *Bacillus sp.*, con al menos 2000 cepas. Algunas de estas sobreviven la fase termofílica en las capas exteriores de la compostera o en forma de esporas, pero la mayoría emigran posteriormente desde fuera. En la fase termofílica se encuentran las bacterias del género *Bacillus subtilis*, *Bacillus stearothermophilus*, *Bacillus lichenniformis*, *Clostridium thermocellus*, *Thermoactinomyces*.

Entre los géneros más frecuentes de bacterias del suelo se encuentran *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*

(formadoras de esporas que sobreviven en un rango de pH de 2 a 8 y poseen una habilidad de degradar compuestos químicos orgánicos), *Brevibacterium*, *Caulobacter*, *Celullomonas*, *Clostridium*, *Corynebactrium*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas* *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Xanthomonas* (Quizhpi, 2014).

Las bacterias existen una mayor diversidad morfológica y menor número de estructuras celulares especializadas. Las especies bacterianas, sin embargo, difieren unas de otras en las características de sus colonias cuando crecen en Agar, en forma, disposición y estructura interna de sus células y en el metabolismo. Las bacterias crecen y se desarrollan en colonias que van de un diámetro de 1mm y los bordes de las colonias pueden adoptar varias formas distintas, con alturas delgadas, pueden tener variados tonos de rojo, amarillo, o violeta o carecer de pigmentos. La morfología de las bacterias es bastante sencilla como esféricas o elipsoidales, cilíndricas o en forma de varilla, espiral.

Bacterias de ácido láctico. Producen el ácido láctico del azúcar y de otros hidratos de carbono que producen las bacterias fotosintéticas y la levadura. El ácido láctico obra como una fuente esterilizadora: oprime los microorganismos dañinos y fomenta una rápida descomposición del material orgánico.

Levadura. Sintetizan las sustancias útiles de los aminoácidos y del azúcar que son segregados por las bacterias fotosintéticas, además de producir hormonas y enzimas que activan la división de las células. Sus secreciones son sustratos útiles para los microorganismos activos como las bacterias del ácido láctico y los actinomicetos (Naranjo Pacha, 2013).

El compost también aporta a la tierra un número importante de bacterias, pero es sobre todo gracias a su riqueza en materia orgánica que favorece a las especies microbianas del mismo suelo (VÍLCHEZ, 2007).

Al finalizar el proceso de compostaje este material contiene un variado grupo de microorganismos los cuales proveen o mejoran la disponibilidad de nutrientes cuando se aplican a los cultivos, bacterias como las *Nitrosomonas* las cuales se identificaron en forma leve en todas las muestras realizan la liberación de fosfatos insolubles a formas disponibles para las plantas mediante la producción de ácidos orgánicos como el ácido nítrico, otras como bacterias del genero *Bacillus* presente en todas las mezclas en su mayoría de forma abundante, son microorganismos que durante su actividad metabólica son capaces de producir y liberar sustancias reguladoras de crecimiento para las plantas (Carrión, 2015).

2.3.8.2 Hongos del compost

Los hongos se presentan en el proceso de compostaje al mismo tiempo que los actinomicetos. Se han identificado dos formas de desarrollo de los hongos (mohos y levaduras). Las especies encontradas de hongos celulíticos en los materiales de compost son del género *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma* y *Chaetomium*. También están presentes los *Basidiomycetos* que juegan un papel importante en la degradación de la lignina. En la fase mesofílica los hongos dominantes que se encuentran en una temperatura entre 35 y 45°C., son las especies *Paccclomyces variotii*, *Sctalidium thermophilum*, un *basidomiceto* no identificado y *Thermomyces lanuginosus* aunque esta última especie se la considera termofílica. También se encuentran hongos en el proceso termofílico de producción del compost como

Geotrichum candidum, *Aspergillus fumigatus*, *Mucor pusillus*, *Chaetomium thermophile*, *Thermoascus auranticus*, *Torula thermophila*. Aunque algunos hongos son de tamaño muy pequeño, la mayor parte de ellos son visibles bajo la forma de cuerpos fructíferos (champiñones) por todo el montón de compost. El *Aspergillus fumigatus* es un moho considerado como degradador de la celulosa y la hemicelulosa; las esporas de esta especie toleran fácilmente temperaturas superiores a los 60 °C por lo tanto son los más predominante. El correcto proceso de compostaje es el que mantiene una población activa y previene la reactivación de las bacterias patógenas. Solo una pequeña cantidad de hongos del suelo causan enfermedades a los vegetales tales como los de géneros: *Armillaria*, *Helminthosporium*, *Ophiobolus*, *Plasmodiophora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Verticilium*, *Thielaviopsis*, *Phytophthora*, *Fusarium* (Quizhpi, 2014)

Los hongos son muy importantes en la descomposición de la celulosa que es una de las partes más resistentes de la materia orgánica y que puede constituir hasta el 60% de la masa total. Dentro de las masas en compostaje se deben crear condiciones que favorezcan las actividades de estos hongos. La temperatura es un factor clave, dado que los hongos se morirán cuando ésta se eleve por encima de 55- 60°C y reinadirán desde las zonas más frías cuando las temperaturas bajen (VÍLCHEZ, 2007).

2.3.9 Normativa del compost

Las regulaciones que se exponen a continuación son una normativa europea, vigente que se aplica en Chile, y servir de referencia como estándares de calidad. La normativa aplica al compost producido en Chile, así como en el compost importado; busca promover la gestión adecuada de los residuos

sólidos orgánicos generados en el territorio, para prevenir la introducción de plagas que puedan venir incorporados a producto importado y promover y fomentar el desarrollo de la industria nacional del compost

En esta normativa se identifican tres clases de compost:

- Compost clase A: Debe cumplir con las concentraciones máximas de metales pesados (Arsénico 15 mg/kg, Cadmio 2 mg/kg, Cobre 100 mg/kg, Cromo 120 mg/kg, Mercurio 1 mg/kg, Niquel 20 mg/kg, Plomo 100mg/kg, Zinc 200 mg/kg de compost base seca), su conductividad eléctrica debe ser menor a tres decisiemens por metro (3dS/m) y su relación carbono/nitrógeno debe ser menor o igual a 25. Este producto no presenta ninguna restricción de uso.
- Compost clase B: Debe cumplir con las concentraciones máximas de metales pesados (Arsénico 20 mg/kg, Cadmio 8 mg/kg, Cobre 1000 mg/kg, Cromo 600 mg/kg, Mercurio 4 mg/kg, Niquel 80 mg/kg, Plomo 300mg/kg, Zinc 2000 mg/kg de compost base seca), su conductividad eléctrica debe ser menor a ocho decisiemens por metro (8dS/m) y su relación carbono/nitrógeno debe ser menor o igual a 30. Este producto puede presentar algunas restricciones de uso si su conductividad eléctrica es mayor de tres decisiemens por metro (3dS/m) en estos casos se recomienda, para mejorar la calidad del compost combinar dos o más de los siguientes métodos: aplicaciones de materia orgánica para mejorar la estructura del suelo, aplicaciones de azufre para reducir el pH, aplicación de yeso (SO_4Ca) para intercambiar el Na^+ por el Ca^{2+} y aplicaciones de yeso ($\text{SO}_4\text{Ca} \times 2\text{H}_2\text{O}$) como enmienda de suelos sódicos.

- Compost Inmaduro: Es una materia orgánica que ha pasado por las etapas mesofílicas y termofílicas del proceso de compostaje donde ha sufrido una descomposición inicial pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración requeridas para obtener un compost clase A o B.

A continuación, se describe los parámetros que se consideran para su clasificación:

- ✓ Reducción de Patógenos: Para eliminar patógenos la temperatura de compost debe mantenerse a 55°C o más, por un periodo de al menos de 15 días.
- ✓ Olores: El compost no debe presentar olores fuertes a excepción de un aroma característico a bosque.
- ✓ Humedad: El compost de toda clase no debe ser menor que 30% en peso.
- ✓ Metales pesados: Cobre 100 mg/kg y Zinc 200mg/kg en base seca.
- ✓ Relación C/N: Compost clase A: entre 10-25. Compost clase B: entre 10-40. Compost Inmaduro: Máximo 50.
- ✓ Ph: Compost clase A: 7.0-8.0. Compost clase B: 6.5-8.5. Compost inmaduro 6.0-8.5.
- ✓ Madurez: Después de una incubación (compost) de 24hrs. en condiciones anaeróbicas a una temperatura de 55°C, el pH del producto debe ser mayor a 6.5.
- ✓ Materia orgánica: El contenido de materia orgánica para todos los tipos de compost debe ser mayor o igual a 25% en base seca.

- ✓ Productividad agrícola: Germinación de semilla: Igual o menor a 2 semillas de maleza germinadas/litro compost. Toxicidad a la planta: A lo menos debe prosperar el 90% de las plantas referencia (plantación sin compost) (Se hace necesario definir la especie) (Quizhpi, 2014).

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

Ha

Los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) son eficientes en la producción del compost a partir de los residuos sólidos orgánicos.

Ho

Los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) no son eficientes en la producción del compost a partir de los residuos sólidos orgánicos.

2.4.2 Hipótesis específicas

Ha1

Es posible determinar los parámetros físicos del compost producido por los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) eficientes a partir de los residuos sólidos.

Ho1

No es posible determinar los parámetros físicos del compost producido por los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) eficientes a partir de los residuos sólidos.

Ha2

Es posible determinar los parámetros químicos del compost producido por los microorganismos eficientes a partir de los residuos sólidos.

Ho2

No es posible determinar los parámetros químicos compost producido por los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) eficientes a partir de los residuos sólidos.

Ha3

Los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) eficientes se identificaron en cada fase del compost.

Ho3

Los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) eficientes no se identificaron en cada fase del compost.

2.5 Variables

2.5.1 Variable dependiente

Eficiencia de los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) en la descomposición de los Residuos sólidos orgánicos.

2.5.2 Variable independiente

El compost

2.6 Operacionalizacion de las variables

TÍTULO: Determinación de la eficiencia de los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) en la producción del compost a partir de residuos sólidos orgánicos en el centro poblado de Jancao, Distrito de Amarilis, Provincia y Departamento de Huánuco - 2018.

Variable		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumentos
Independiente	Eficiencia de los microorganismos (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Lactobacillus sp.</i>) en la descomposición de los residuos sólidos orgánicos.	Microorganismos eficientes.- Un microorganismo eficiente se refiere a cualquiera de los organismos predominantemente anaeróbicos mezclados en enmiendas comerciales agrícolas, nutricionales basados en el producto .	Los microorganismos eficientes tienen el objetivo de disminuir el tiempo de elaboración del abono orgánico, obtener un material microbiológico y nutricionalmente mejorado.	Parámetros físicos de degradación	Temperatura	%	Termómetro
					Nivel de pH	Acidez y alcalinidad	PH – metro
					Nivel de humedad	%	Estufa
				Parámetros de tiempo	Tiempo de degradación	Días	Días
Dependiente	El compost	El compost. - es un producto obtenido a partir de diferentes materiales de origen orgánico los cuales son sometidos a un proceso biológico controlado de oxidación denominado compostaje.	El compost mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, aumenta el contenido de macronutrientes N, P, K y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos Mejora la actividad biológica del suelo. Mejora su fertilidad del suelo.	Abono orgánico obtenido	Kg de peso bruto Kg de peso tamizado	Kg	Balanza romana
				Parámetros físico – químicos	% de materia orgánica en base seca.	%	Laboratorio
					% de materia seca.	%	Laboratorio
					% de cenizas	%	Laboratorio
				Incremento de macro y micro nutrientes	% Ca	%	Laboratorio
					% Mg	%	Laboratorio
					% Na	%	Laboratorio
					% K	%	Laboratorio
					% N	%	Laboratorio
					% P ₂ O ₅	%	Laboratorio
					Cu	mg/Kg	Laboratorio
					Fe	mg/Kg	Laboratorio
					Zn	mg/Kg	laboratorio
					Mn	mg/Kg	laboratorio

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

La Investigación utilizada fue del tipo experimental según el autor (Martins, 2010, pág. 86) define que es aquel en la cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas.

3.1.1 Enfoque

El enfoque aplicado en la investigación es de tipo cuantitativo debido a que se plantea un problema de estudio delimitado y concreto, ya que se revisa lo investigado anteriormente las literaturas sobre el compostaje su uso y su determinación de la eficiencia de los microorganismos.

En este caso se usó la recolección de datos para probar la hipótesis basándome a la medición numérica y a cálculos estadísticos para luego establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

Este tipo de enfoque los resultados a estudiar son generalizables a la población lo cual fue extraída la muestra. Ya que los resultados me darán en porcentajes y promedios, relacionando las variables el compost y los residuos sólidos orgánicos.

3.1.2 Alcance o Nivel

El presente trabajo de investigación tiene un alcance explicativo según determinan las causas de los fenómenos.

Es importante, pues del alcance del estudio depende la estrategia de investigación. El diseño, los procedimientos y otros componentes del proceso serán distintos en estudios. Pero en la práctica, cualquier investigación puede incluir elementos de más de uno de estos cuatro alcances (Sampieri, 2003, pág. 98).

3.1.3 Diseño

Es el tipo de bloques completamente al azar (DBCA) para distribuir las pruebas y regular cualquier variación presente en el lugar de trabajo con tres (3) tratamientos y tres (3) repeticiones haciendo un total de 9 unidades experimentales. (Diseño de bloques completamente al azar, croquis del diseño experimental, esquema del análisis estadístico, análisis funcional)

3.1.3.1 diseño de bloques completamente al azar

El diseño experimental fue de 3 tratamientos con 3 repeticiones incluido el testigo y se va usar un diseño de bloques completamente al azar (DBCA).

Se aplicó de forma al azar para determinar el orden de los 3 tratamientos dentro de cada pila distribuyendo las repeticiones.

3.1.3.2 croquis del diseño experimental

La distribución de todos los tratamientos en diferentes bloques apreciándose de la siguiente manera:

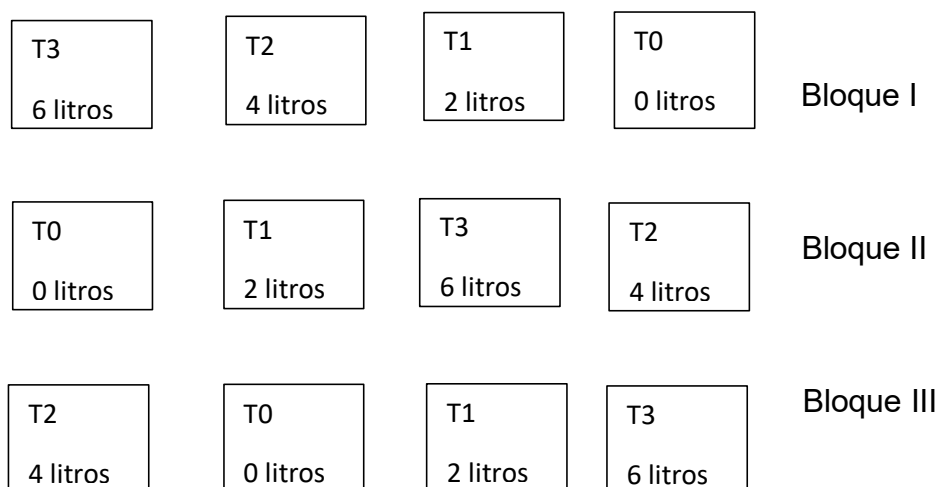


Ilustración 3 tratamientos por bloques

3.1.3.3 esquemas del análisis estadístico

Para analizar los datos se realizó durante el ensayo, con las miras a determinar si las hipótesis son las correctas se va aplicar un análisis de varianza adaptado al diseño de bloque al azar.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos(t-1)	3
Repeticiones (r-1)	3
Error experimental(t-1)(r-1)	9
Total (t*r)-1	15

Ilustración 4 fuentes de variación

Rendimiento: tomando los valores del peso inicial (residuos sólidos orgánicos) y el peso final (compost) se obtendrá una relación entre ellos para determinar la conversión de la materia orgánica en compost que se va producir en cada unidad experimental.

Calculo porcentual del rendimiento:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

3.1.3.4 análisis funcional

Se calculó el análisis de varianza y se va aplico la prueba estadística de Tukey al 5% para tratamientos y factores de estudios.

3.1.4 Manejo experimental

3.1.4.1 recolección de residuos sólidos orgánicos

Los residuos fueron recolectados en baldes de 20L por los pobladores de Jancao, los días lunes, miércoles y viernes a través de costales para luego ser trasladado a la planta de compostaje y luego ser pesado.



Ilustración 5 recolección de residuos sólidos orgánicos domésticos por parte del personal de apoyo



Ilustración 6 recolección de residuos sólidos domésticos en bolsas



Ilustración 7 recolección de residuos sólidos orgánicos en baldes de 20 litros

3.1.4.2 peso de los residuos sólidos orgánicos y aserrín.

Se determinó el peso de una tonelada de los residuos y el aserrín, los cuales fueron a través de una balanza.



Ilustración 8 peso del compost

3.1.4.3 cepa biológica

La cepa de los microorganismos fue elaborada por el Ingeniero Luis Bremen Álvarez Tolentino. Esto se basa en la elaboración y reproducción de los microorganismos, para el experimento se va reproducir la cepa en un cilindro de 50L de capacidad.



Ilustración 9 añadiendo los microrganismos en el recipiente



Ilustración 10 preparación en diferentes recipientes

3.1.4.4 preparación y dosificación

Se procesó por cada tratamiento 3 repeticiones, 3L de microorganismos en 20L de agua en diferentes dosis con 0L, 2L, 4L y 6L.



Ilustración 11 preparación y dosificación

3.2 población y muestra

3.2.1 población

La población es la totalidad de un fenómeno de estudio, incluyendo la totalidad de análisis que integran dicho fenómeno según (Tamayo 2012) en este caso la población de Jancao.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS:

Latitud sur: 9°53'56.60"

Longitud oeste: 76°13'23.93"

3.2.3 Muestra

La muestra será alrededor del campo deportivo de Jancao hasta la calle principal de la cooperativa siendo uno de los puntos donde se genera mayores residuos sólidos orgánicos con un aproximado de 400 viviendas.

3.2.3.1 Tipos de muestreo

Probabilístico en forma de muestreo aleatorio estratificado. (Según Marcelino cuesta y J. herrero pag.3) trata de obviar dificultades debido que simplifican los procesos que reducen el error muestral para un tamaño de la muestra.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1 Para la recolección de datos

3.3.1.1 técnicas bibliográficas

- **fichas de trabajo o contenido**

Se usó fichas de trabajo debido a que son una herramienta utilizada para la recopilación de la información sobre los residuos sólidos orgánicos por toda la población de la esperanza.



Ilustración 12 charlas sobre residuos sólidos orgánicos domésticos y el compostaje



Ilustración 13 charlas y entrega de fichas de trabajo



Ilustración 14 capacitación sobre la importancia del compostaje

- **Mapas conceptuales**

Se usó mapas conceptuales para así explicar a la población en que consiste el proyecto y así cooperar.

- **Fichas bibliográficas**

Se usó fichas bibliográficas a la población de Jancao debido a que están destinadas a anotar meramente los datos del manual del compostaje.



Ilustración 15 entrega de fichas bibliográficas sobre el tema de residuos sólidos y el compostaje

- **Análisis documental**

Se llevó a cabo análisis de los datos obtenidos de las bibliografías de distintas referencias.

3.3.1.2 técnicas de campo

- **Observación**

Se llevó a cabo una investigación, análisis, expectación y vigilancia sobre los residuos sólidos orgánicos en el centro poblado de Jancao.



Ilustración 16 observación de las calles del centro poblado de Jancao



Ilustración 17 verificación y observación del lugar



Ilustración 18 verificación de lugares de depósito de residuos sólidos orgánicos



Ilustración 19 verificación en distintas zonas del centro poblado de Jancao



Ilustración 20 inspección en el rio Huallaga del centro poblado de jancao



Ilustración 21 inspección de residuos orgánicos en la franja marginal del rio

- **Encuestas**

Se realizó 2 encuestas con la ayuda de mis asistentes como técnica para la recolección de datos de las 400 viviendas cuyas opiniones nos permitirá obtener la información de nivel de conocimiento en materia ambiental, lo que se va aplicar de forma escrita denominado cuestionario, considerando en esta pregunta que los pobladores deben de dar como respuesta.

Las que se aplican oralmente denominado entrevista donde se les hará una serie de interrogantes que deben contestar verbalmente.



Ilustración 22 encuestando por cada vivienda



Ilustración 23 encuestas individuales a los pobladores de jancao



Ilustración 24 realización de encuestas por parte de ayudantes en viviendas alejadas



Ilustración 25 encuestas en sectores alejados por parte del personal de apoyo



Ilustración 26 encuestas y sugerencias por parte del personal de apoyo



Ilustración 27 encuestas en distintas partes de jancao alta



Ilustración 28 encuesta en distintos sectores de la población

Pasos a considerar:

✓ Definición de la población y de la unidad muestral

La población es la totalidad de análisis un fenómeno de estudio, incluyendo la totalidad de análisis que integran dicho fenómeno en este caso la población de Jancao.

La unidad muestral se refiere a quienes van a contestar la encuesta en este caso sería a las 400 viviendas.

✓ Selección de tamaño y muestra

El tamaño de la muestra determinado mediante formula estadística, es de 400 viviendas.

✓ Materiales para realizar la encuesta

Se usó cuestionarios y entrevistas para la elaboración de las preguntas, deben tenerse en claro los temas en los que se desea obtener información, el tipo de preguntas que se va a utilizar (abiertas, cerradas).



Ilustración 29 preguntas por parte del personal de apoyo

✓ **Organización del trabajo de campo:**

Este trabajo se puede hacer individual o contratar personal (depende de la cantidad y la forma de recolectar los datos), puede hacerse por teléfono o personalmente. Todo esto debe planearse, pedir permisos, tener claro los desplazamientos, el tiempo por utilizar, etc.



Ilustración 30 recolección de residuos sólidos orgánicos domésticos por parte del personal de apoyo en la población de jancao

PARA EL TRABAJO DE CAMPO SE REALIZÓ LOS SIGUIENTES PASOS:

- a) Recolección de la muestra (residuos sólidos orgánicos domésticos)**

Se recolecto todo tipo de residuos sólidos orgánicos domésticos como ya antes mencionado.



Ilustración 31 recolección de residuos sólidos orgánicos domésticos

b) Preparación del terreno

Se preparó el terreno en donde se realizó las pilas en un suelo limpio para las camas.



Ilustración 32 preparación de terreno



Ilustración 33 preparación en camas

c) Pesado de los residuos sólidos orgánicos domésticos

Como ya mencionado se pesó una tonelada de los residuos sólidos orgánicos domésticos



Ilustración 34 pesado de los residuos sólidos orgánicos domésticos

d) PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN

Como lo mencione anteriormente se preparó y se dosifico de la siguiente manera que procesó por cada tratamiento 3 repeticiones, 3L de microorganismos en 20L de agua en diferentes dosis con 0L, 2L, 4L y 6L.

En un balde de 20L le añadimos un litro del preparado (microorganismos) luego llenamos agregándole agua y luego batimos por 3 minutos y agregamos polvillo de arroz, la cepa resultante del proceso de reproducción a partir de la cepa madre (microorganismos activados). De las cuales se extraerá diferentes dosis para agregar en los distintos tratamientos mencionados.



Ilustración 35 añadiendo polvillo de arroz, levadura de pan en el recipiente

e) Preparación de lotes del compost

La preparación de lotes del compost se dio a partir de la recolección de residuos sólidos orgánicos domésticos en la localidad de Jancao durante 2 semanas.

Durante las 8 semanas se obtuvo los 3 tratamientos con un testigo que tuvo como dosis de 2L de agua en 20L de agua y así sucesivamente.

Se dio de la siguiente manera:

Capa 1: aserrín

Capa 2: residuos orgánicos + inoculación

Capa 3: aserrín

Y así sucesivamente se repite las capas 1,2 y 3.



Ilustración 36 preparación en camas



Ilustración 37 preparación en camas con los residuos sólidos orgánicos domésticos

f) Recolección de datos

El compostaje con microorganismos eficientes está sujeto en varios parámetros (T° , pH, humedad) siendo indispensable para el compostaje.

Estos parámetros son controlados durante todo el proceso ya que son los que afectan directamente a los microorganismos.

g) Aireación

Los volteos se realizaron en 4 días después de cuando el lote compostado ha llegado a su máxima temperatura para homogenizar, controlar la humedad y la temperatura.

h) Maduración

Se determinó la maduración del ultimo volteo de la misma forma se identificó el color, olor, la temperatura, pH.

i) Tamizado

Al termino del proceso se realizó el tamizado en una zaranda de 3 pulgadas para así mismo eliminar impurezas.

Tratamiento estadístico:

- ✓ Según sea el tipo de análisis que desea hacerse se debe por lo general, tener codificadas las respuestas y así elaborar cuadros y gráficos que resalten los resultados.

Discusión de los resultados:

- ✓ Paso muy importante, ya que presenta particularidades que deben de ser consideradas (conclusiones).

3.3.1.3 parámetros físicos evaluados

- **Temperatura**

La medición de la temperatura fue todos los días se utilizó un termómetro que se colocaba en diferentes partes del compost y se registraba el promedio.

- **Humedad**

Se midió la humedad del producto final del compost mediante un análisis físico del compost realizado en el laboratorio de la UNAS.

- **pH**

la medición del pH se efectuó una vez por semana en una botella de 500ml una del compost y el restante de agua lo agitamos y lo dejamos reposar por una hora para luego medir el pH.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST COMO PRODUCTO FINAL

Se determinó la calidad del compost mediante un análisis físico-químico, los resultados se compararon con la norma de calidad del compost del instituto nacional de normalización de Chile.

TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

<i>Tratamiento</i>	<i>Descripción</i>
<i>T0</i>	<i>0L de M.E/20L de agua</i>
<i>T1</i>	<i>6L de M.E/20 L de agua</i>
<i>T2</i>	<i>4L de M.E/20L de agua</i>
<i>T3</i>	<i>2L de M.E/20L de agua</i>

Tabla 1 tratamiento en estudio

El cuadro nos indica que los tratamientos estuvieron sujetos a diferentes dosis de aplicación de microorganismos eficientes aplicando dos veces por semana la dosificación a los tratamientos

3.3.1.4 técnicas estadísticas

Se usó técnicas y gráficos estadísticos para hacer comparaciones, sacar la hipótesis y analizar los datos.

Se usó técnicas como:

- ✓ Análisis documental
- ✓ Hoja de recogida de datos

- ✓ Diagrama de causa y efecto
- ✓ Diagrama de Pareto
- ✓ Gráficos

3.3.2 Técnicas para presentación de datos

3.3.2.1 Procedimientos para recolección de datos

La recolección y los criterios referidos justifican el fin de evitar la contaminación de amplias superficies a causa de una mala disposición de la basura, se conseguirá aprovechar los residuos sólidos orgánicos domiciliarios (RSOD) en la localidad de Jancao.

3.3.2.2 Procedimiento de elaboración de datos

Se ha utilizado los cuadros estadísticos con sus respectivos gráficos comparativos en las cuales se realizó un análisis e interpretación basado en los objetivos para luego someter a las discusiones.

3.3.3 Técnicas para análisis y presentación de datos

Los datos fueron presentados en la tesis en forma cualitativa y cuantitativamente.

Los datos cualitativos para refrendar el marco metodológico que fueron seleccionadas y extraídas de la revisión de literatura, se presentarán en forma resumida y sintetizada, tal como se realizaron los hechos materia de estudios mediante procedimientos que registran en forma de palabras la información descriptiva acerca de lugares, objetos secundaria.

Los datos cuantitativos fueron presentados en forma tabulados en cuadros matrices, debidamente procesadas para facilitar los análisis estadísticos.

También estos datos se presentaron en forma gráfica utilizando el histograma de barras.

3.3.3.1 Interpretación de datos y resultados.

Los datos numéricos que se obtuvieron en el campo fueron registrados en forma clara, para construir con ellos cuadros estadísticos, promedios generales y gráficos ilustrativos.

3.3.3.2 Procesamiento de la información

La información numérica obtenida fue estadísticamente, siguiendo el esquema del diseño estadístico del ANDEVA con el método de Tukey; y determinar la significancia de las relaciones cantidad de utilización de pre compost.

3.4 Ámbito geográfico temporal y periodo de la investigación

3.4.1. Ámbito Geográfico

La investigación se llevó a cabo en el centro poblado de Jancao – La Esperanza.

Ubicación política

- Región: Huánuco
- Departamento: Huánuco
- Provincia: Huánuco
- Distrito: Amarilis

3.4.1.1 VÍAS DE ACCESO

Ubicado por la carretera central a 20 minutos de la ciudad de Huánuco



Ilustración 38 ubicación donde se realizó el proyecto de investigación

3.4.1.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS

El clima en Huánuco es templado, árido y con amplitud térmica moderada.

Con una temperatura promedio de 24 °C, llamado por propios y visitantes como "La ciudad del mejor clima del mundo" ó "La ciudad de la eterna Primavera", es tan agradable y benigno su clima que el sol brilla todo el año, en un cielo limpio y celeste intenso.

- La temperatura más baja

En el invierno, es decir en los meses de julio y agosto (21 °C en el día y 17 °C en las noches)

- La temperatura más alta

En la primavera, en los meses de noviembre y diciembre (30 °C en el día). Cruzan la ciudad el imponente río Huallaga y el río Higuerras con sus limpias

aguas, en cuya travesía se pueden apreciar hermosos paisajes de variada vegetación. Este clima por ser seco y soleado es muy benéfico para las personas que adolecen de asma.

3.4.2 Periodo de la investigación

Periodo de trabajos de campo

El periodo de campo para el recojo de información primaria y secundaria duro un mes.

Periodo de trabajos de gabinete

Se considera como periodo de gabinete, a los trabajos que se tiene que realizar en el procesamiento de los datos obtenidos en campo; considerando para la investigación un periodo de 2 meses.

3.4.3 Materiales usados en el proyecto

3.4.3.1 *materiales de campo*

- ✓ Papel bond T/A4
- ✓ Lapiceros
- ✓ Tinta para impresora
- ✓ Computadora
- ✓ Impresora
- ✓ Plásticos para tapar el compost
- ✓ Balanza
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Contenedores para reciclaje
- ✓ folletos
- ✓ material de limpieza

- ✓ bolsas
- ✓ mallas
- ✓ pH – metro
- ✓ termómetro
- ✓ formularios

3.4.3.2 Insumos

- ✓ Microorganismos Eficientes
- ✓ Hangar

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Procesamiento de datos

4.1.1 Tiempo de descomposición

El siguiente cuadro muestra el tiempo de descomposición en los tratamientos aplicando la prueba de Tukey al 5%, se observaron que el primer grupo con menor tiempo en descomposición lo conforma el testigo 2 (4L de M.E/20L de agua) y el testigo 3 (6L de M.E/20L de agua) con 38 y 42 días respectivamente, seguido por el tratamiento 1 (2L de M.E/20L de agua) con 48 días y por último el tratamiento 0 (0L de M.E/20L de agua) con 90 días.

La figura 1 muestra que el efecto de descomposición de los residuos sólidos orgánicos domésticos con el uso de los microorganismos eficientes.

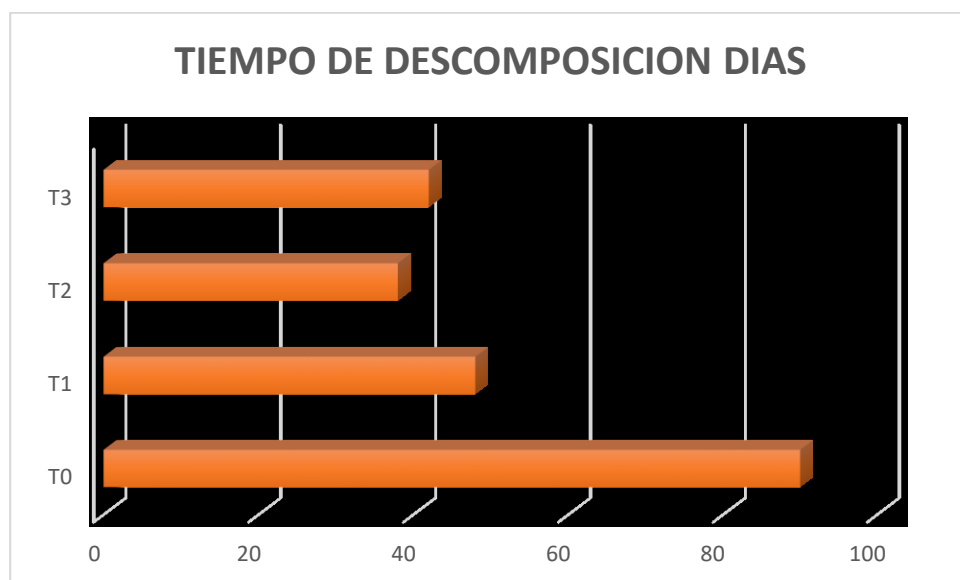


Gráfico 1 tiempo de descomposición de las diferentes dosis de los M.E/20L de agua

El siguiente cuadro muestra el tiempo de descomposición de cada tratamiento

TIEMPO DE DESCOMPOSICION	
TRATAMIENTOS	DIAS
T0	90
T1	48
T2	38
T3	42

Cuadro 1 Descomposición de cada tratamiento

El cuadro 2 muestra el tiempo de descomposición de los tratamientos aplicando la prueba de Tukey al 5% que existe no existen diferencias significativas en tratamiento ni en bloque de días según lo manifestado estadísticamente.

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	171.000	3	577.000	5.311	0.001	NS
Bloque	155.001	3	521.000	5.230	0.002	NS
Error experimental	2.360	9	25.256			
Total	328.361	15				

$R^2 = 0.34$ C.V = 2.26

Fuente: Datos estadísticos obtenidos por ANOVA

Cuadro 2 ANOVA DEL TIEMPO DE DESCOMPOSICION

4.1.2 Peso del compost

4.1.2.1 Peso antes de la descomposición de los residuos sólidos

orgánicos domésticos

Analizando los resultados antes de la descomposición y aplicando la prueba de Tukey al 5% se puede decir que no reportan significancia como se menciona en el cuadro, dado que no se encontró valores de pH significativamente altos o bajos.

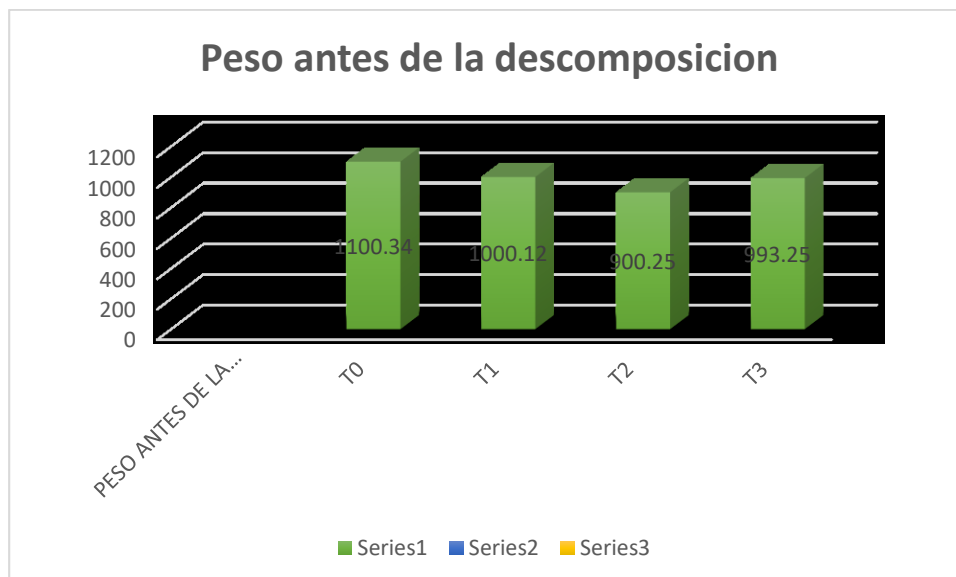


Gráfico 2 el peso de los residuos sólidos antes de la descomposición

El cuadro 3 muestra el peso de los residuos sólidos antes de la descomposición de los tratamientos aplicando la prueba de Tukey al 5% que no existen diferencias significativas según la estadística aplicada.

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	1018.375	3	598.466	4.112	0.0637	NS
Bloque	518.305	3	319.451	1.120	0.3415	NS
Error experimental	625.251	9	96.201			
Total	2161.931	15				

$R^2 = 0.64$ C.V = 1.89

Fuente: Datos estadísticos obtenidos por ANOVA

Cuadro 3 ANOVA DEL PESO DE RESIDUOS SÓLIDOS ANTES DE LA DESCOMPOSICIÓN

4.1.2.2 Peso después de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos domésticos

Analizando los resultados después de la descomposición y aplicando la prueba de Tukey al 5% se puede decir que reportan significancia como se menciona en el cuadro, dado que no se encontró valores de pH significativamente altos o bajos.

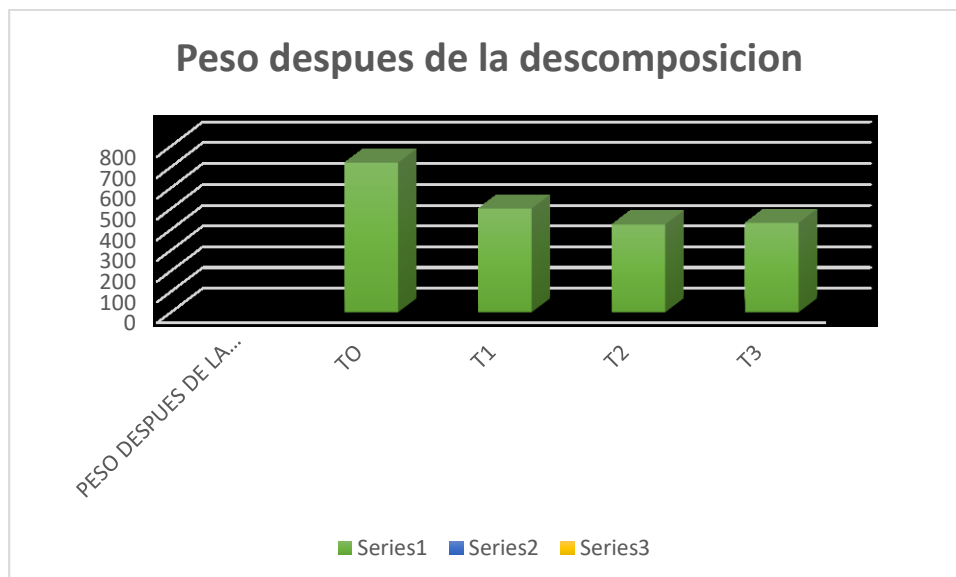


Gráfico 3 el peso de los residuos sólidos después de la descomposición

El cuadro 4 muestra el peso de los residuos sólidos después de la descomposición de los tratamientos aplicando la prueba de Tukey al 5% que si existen diferencias significativas en tratamiento según la estadística aplicada.

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	2115.015	3	158.667	3.890	0.0048	**
Bloque	629.125	3	672.889	0.121	0.1433	NS
Error experimental	625.251	9	52.236			
Total	3369.391	15				

$R^2 = 0.87$ C.V = 1.66

Fuente: Datos estadísticos obtenidos por ANOVA

Cuadro 4 ANOVA DEL PESO DE RESIDUOS SÓLIDOS DESPUÉS DE LA DESCOMPOSICIÓN

4.1.3 Evaluación de la temperatura en el proceso de compostaje

4.1.3.1 Variación de temperatura en T0 (0L de M.E/20L de agua)

En la siguiente figura nos indica las temperaturas obtenidas en el proceso de compostaje en sus cuatro fases:

Fase mesófila: llegó a los 40.45 °C

Fase termófila: llegó a los 60.2 °C

En la cual en ese momento se realizó los volteos para la aireación y homogenización.

Fase de enfriamiento: llegó a los 43.2 °C

Fase de maduración: llegó a los 32.9 °C

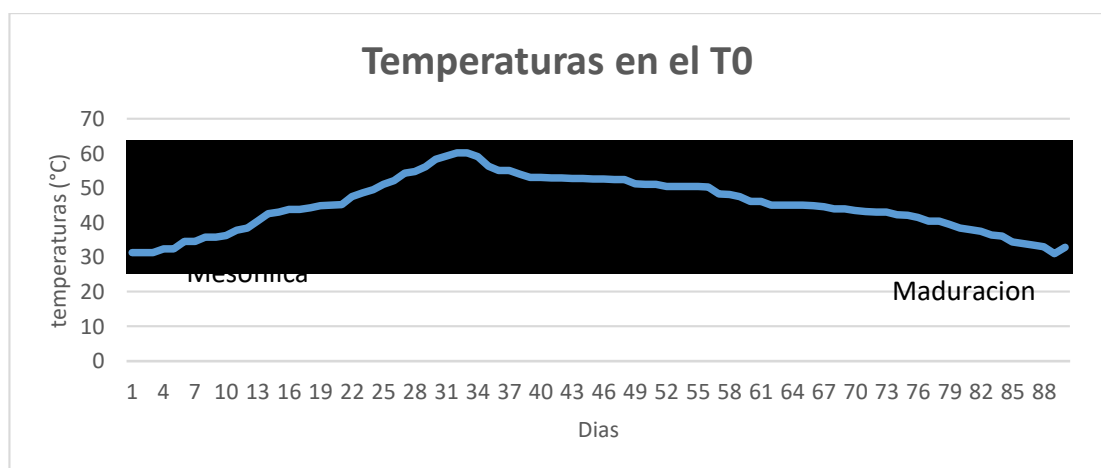


Gráfico 4 variación de temperatura en T0

4.1.3.2 Variación de temperatura en T1 (2L de M.E/20L de agua)

En la siguiente figura nos indica las temperaturas obtenidas en el proceso de compostaje en sus cuatro fases:

Fase mesófila: llegó a los 40.45 °C

Fase termófila: llegó a los 60.20 °C

En la cual en ese momento se realizó los volteos para la aireación y homogenización.

Fase de enfriamiento: llegó a los 43.20 °C

Fase de maduración: llegó a los 32.90 °C en la cual se estabilizo

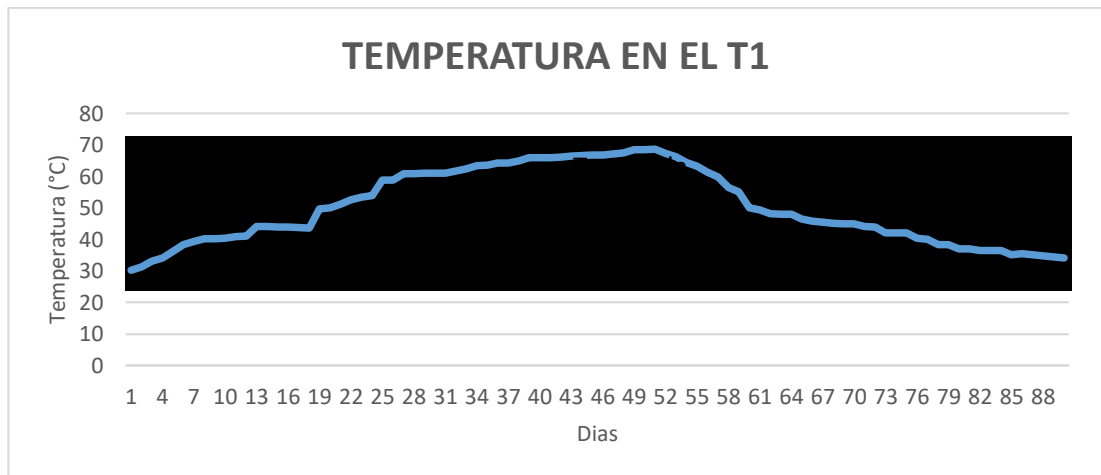


Gráfico 5 variación de temperatura en T1

4.1.3.3 Variación de temperatura en T2 (4L de M.E/20L de agua)

En la siguiente figura nos indica las temperaturas obtenidas en el proceso de compostaje en sus cuatro fases:

Fase mesofila: llego a los 40.45 °C

Fase termófila: llego a los 64.5 °C

En la cual en ese momento se realizó los volteos para la aireación y homogenización.

Fase de enfriamiento: llego a los 42.42 °C

Fase de maduración: llego a los 31.22 °C en la cual se estabilizo.

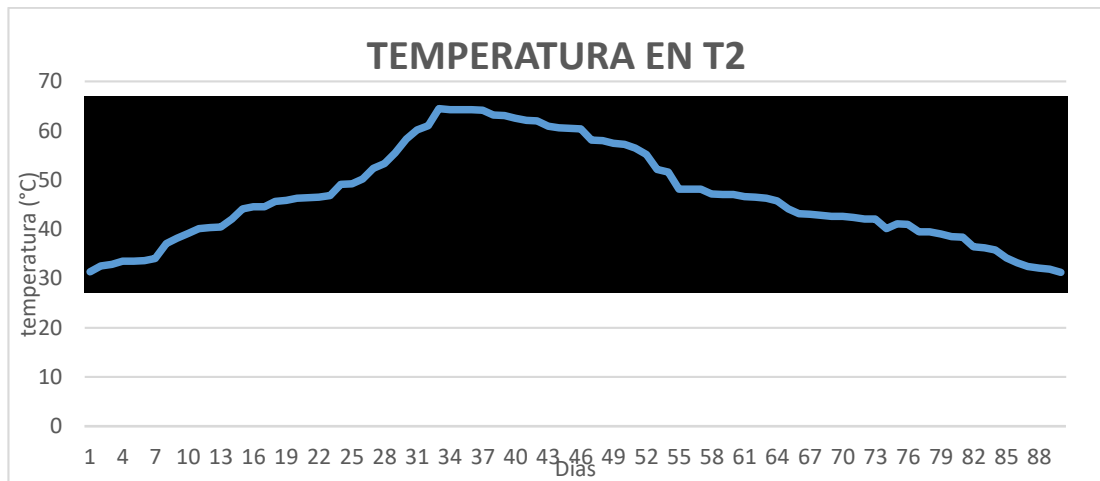


Gráfico 6 variación de temperatura en T2

4.1.3.4 Variación de temperatura en T3 (6L de M.E/20L de agua)

En la siguiente figura nos indica las temperaturas obtenidas en el proceso de compostaje en sus cuatro fases:

Fase mesofila: llego a los 41.02 °C

Fase termófila: llego a los 59.8 °C

En la cual en ese momento se realizó los volteos para la aireación y homogenización.

Fase de enfriamiento: llego a los 44.2 °C

Fase de maduración: llego a los 35.11 °C

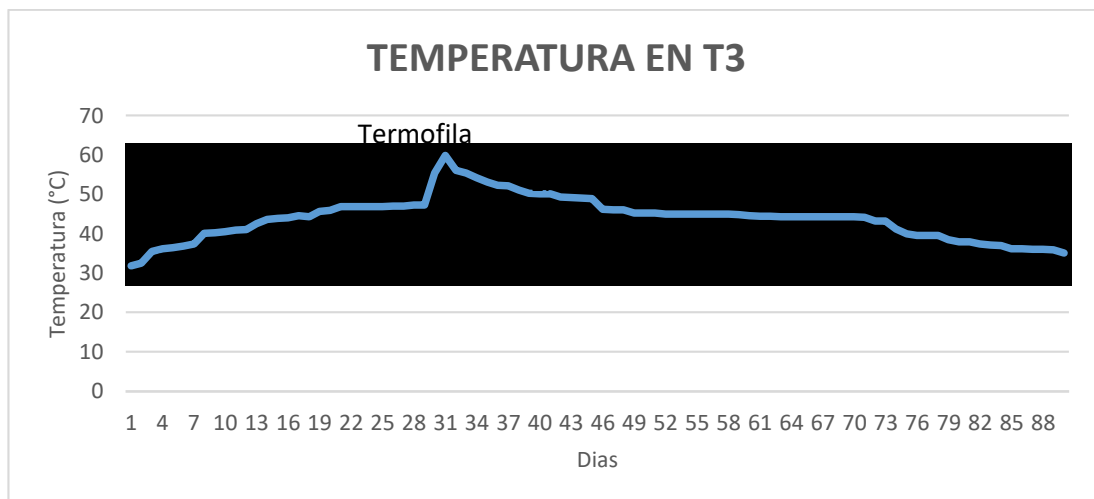


Gráfico 7 variación de la temperatura en T3

4.1.4 Evaluación del pH en el proceso del compostaje

4.1.4.1 Evaluación del pH en el T0 (0L de M.E/20L de agua)

En la figura nos indica los pH evaluados una vez por semana durante el proceso del compostaje en sus siguientes fases:

Fase mesofila: llega a un pH de 6.15

Fase termófila: llega a un pH de 9

Fase de maduración: llega a un pH de 8.2

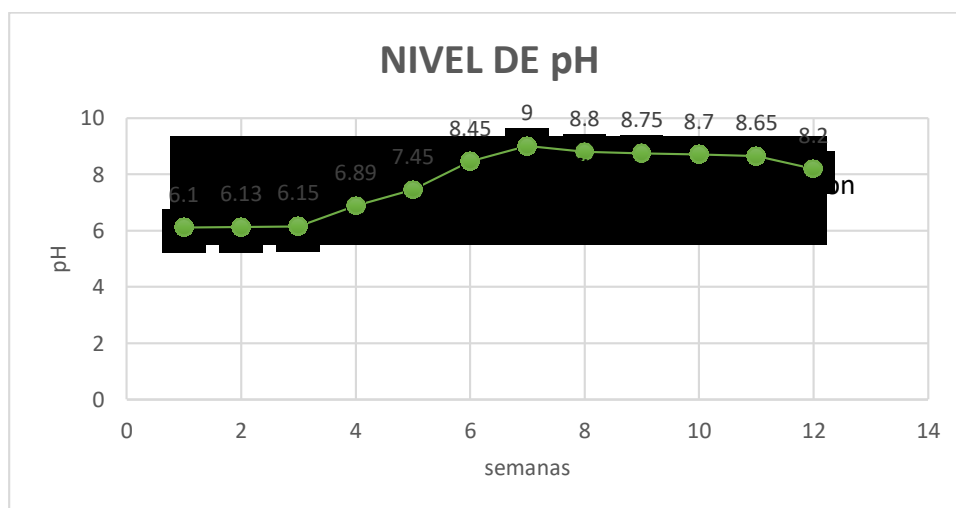


Gráfico 8 evaluación del nivel de pH en el T0

4.1.4.2 Evaluación del pH en el T1 (2L de M.E/20L de agua)

En la figura nos indica los pH evaluados una vez por semana durante el proceso del compostaje en sus siguientes fases:

Fase mesofila: llego a un pH de 6.2

Fase termófila: llego a un pH de 8.5

Fase de maduración: llego a un pH de 7.8

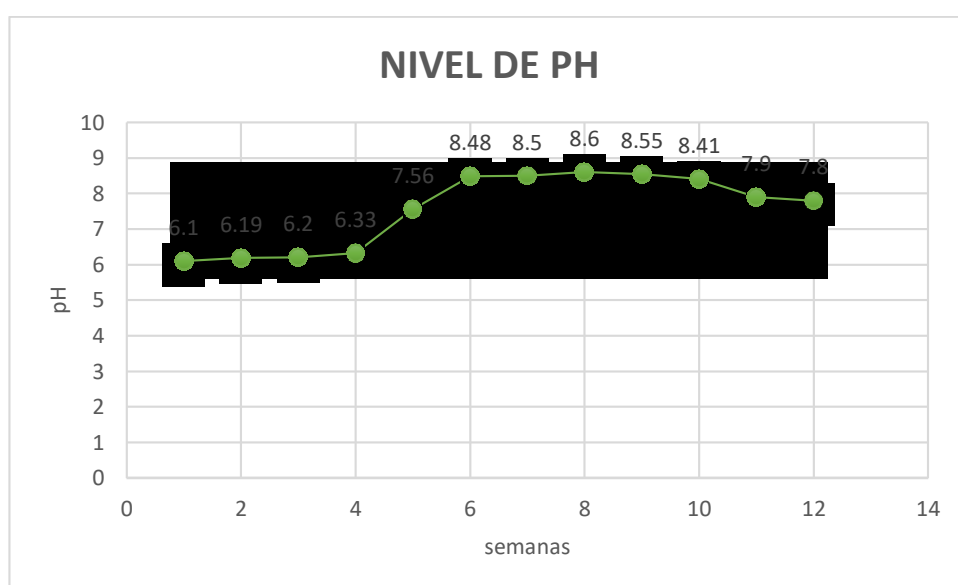


Gráfico 9 evaluación del nivel del pH en el T1

4.1.4.3 Evaluación del pH en el T2 (4L de M.E/20L de agua)

En la figura nos indica los pH evaluados una vez por semana durante el proceso del compostaje en sus siguientes fases:

Fase mesofila: llego a un pH de 6.12

Fase termófila: llego a un pH de 8.8

Fase de maduración: llego a un pH de 7.7

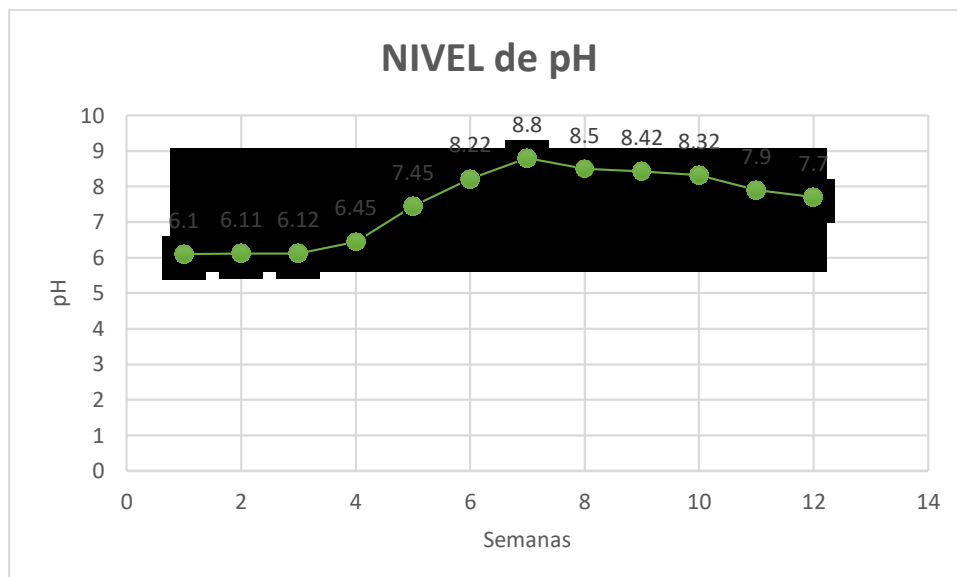


Gráfico 10 evaluación del nivel de pH en T2

4.1.4.4 Evaluación del pH en el T3 (6L de M.E/20L de agua)

En la figura nos indica los pH evaluados una vez por semana durante el proceso del compostaje en sus siguientes fases:

Fase mesófila: llega a un pH de 6.12

Fase termófila: llega a un pH de 8.8

Fase de maduración: llega a un pH de 7.7

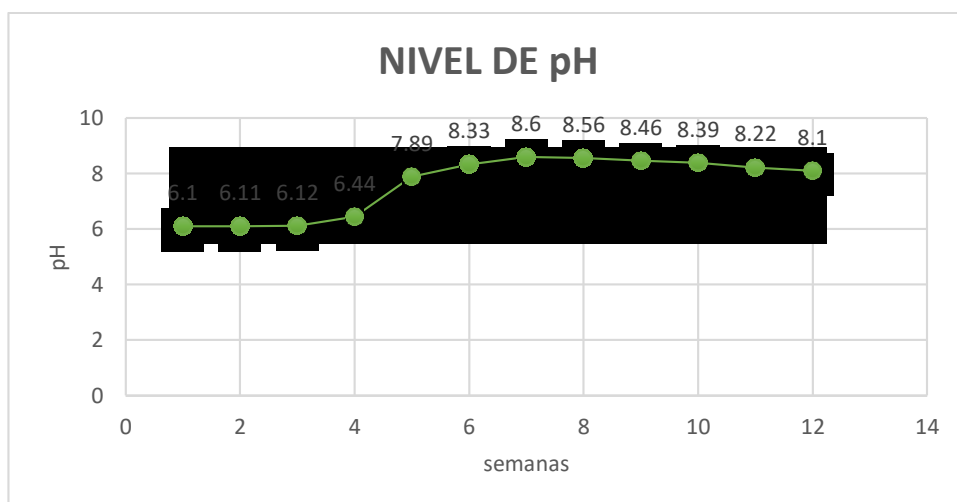


Gráfico 11 evaluación del nivel de pH en T3

4.1.5 Parámetros físicos en el producto final

4.1.5.1 Conductividad eléctrica

Analizando la dosificación aplicando la prueba de Tukey al 5% se observaron rangos significativos, la mayor conductividad eléctrica se dieron en los tratamientos que no recibieron aplicación de microorganismos.

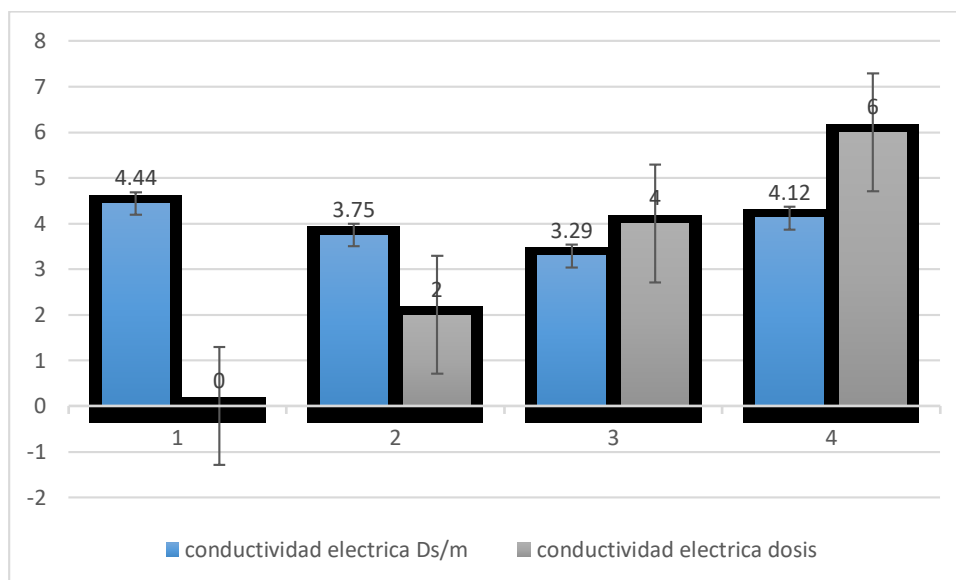


Gráfico 12 conductividad eléctrica según tratamientos

En la figura nos muestra la diferencia entre dosis de aplicación de los microorganismos eficientes, nos muestra que existe mayor conductividad eléctrica en el testigo T0 (0L M.E/20L de agua) sin aplicar los microorganismos a diferencia de los demás.

Conductividad eléctrica	
Ds/m	dosis
4.44	0
3.75	2
3.29	4
4.12	6

Cuadro 5 resultados de la conductividad eléctrica

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	3.025	3	1.667	12.426	0.0012	**
Bloque	0.510	3	0.264	2.251	0.0954	NS
Error experimental	0.250	9	0.05			
Total	3.785	15				

$R^2 = 0.98$ C.V = 1.14%

Fuente: Datos estadísticos obtenidos por ANOVA

CUADRO 6 ANOVA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

En el cuadro 6 anova de conductividad eléctrica para el factor dosis en la variable conductividad eléctrica los resultados nos demuestran que, si existen diferencias significativas para tratamiento, pero no para el bloque.

4.1.5.2 Contenido de humedad

Analizando el cuadro 7 la dosificación en el mayor contenido de humedad, aplicando la prueba de tukey al 5% reportaron diferencias significativas en tratamientos y por parte de los bloques no existe ninguna diferencia significativa, el mayor contenido de humedad experimento el tratamiento que no se añadió los microorganismos T0 (0L M.E/20L de agua).

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	434.210	3	116.217	142.4	0.0001	**
Bloque	0.502	3	0.056	0.14	0.9824	NS
Error experimental	5.957	9	0.354			
Total	3.785	15				

$R^2 = 0.99$ C.V = 1.26

Fuente: Datos estadísticos obtenidos por ANOVA

CUADRO 7 CONTENIDO DE HUMEDAD

4.1.6 Parámetros químicos

4.1.6.1 pH del producto final

Analizando y evaluando los resultados del pH en el cuadro 8 del producto final con la prueba de Tukey al 5%, el pH de todos los tratamientos no vario mucho

es casi similares por lo tanto según el análisis anova no hay diferencias significativas.

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	0.010	3	0.667	0.41	0.6464	NS
Bloque	0.021	3	0.456	0.52	0.6244	NS
Error experimental	0.151	9	0.012			
Total	0.182	15				

$R^2 = 0.31$ C.V = 2.12

Fuente: Datos estadísticos obtenidos por ANOVA

CUADRO 8 pH DEL PRODUCTO FINAL

4.1.6.2 Contenido de la materia orgánica

Analizando y evaluando del cuadro 9 la dosificación en los distintos tratamientos, el mayor contenido de materia orgánica aplicando la prueba de Tukey al 5% se observaron que existe mayor contenido de materia orgánica en el T2(4L de M.E/ 20L de agua), por lo tanto, el si existe significancia para los tratamientos mas no existe para los bloques.

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	452.810	3	119.712	112.41	0.0001	**
Bloque	5.950	3	0.421	0.12	0.6052	NS
Error experimental	0.125	9	0.456			
Total	458.885	15				

$R^2 = 0.98$ C.V = 1.10%

Fuente: Datos estadísticos obtenidos por ANOVA

CUADRO 9 CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

4.1.6.3 Contenido de Nitrógeno

Analizando y evaluando el cuadro 10 la dosificación en el contenido de Nitrógeno reportó que existen diferencias significancias para los tratamientos mas no para los bloques, dado que el mayor rango de contenido de nitrógeno se dio en el T2 (4L de M.E/20 de agua)

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	0.715	3	0.02	12.41	0.0014	**
Bloque	0.009	3	0.0004	0.02	0.9522	NS
Error experimental	0.052	9	0.004			
Total	0.776	15	0.0244			

$R^2 = 0.90$ C.V = 7.05%

Fuente: Datos estadísticos obtenidos por ANOVA

CUADRO 10 CONTENIDO DE NITRÓGENO

4.1.6.4 Contenido de Fosforo

Analizando y evaluando la dosificación en el contenido de fosforo reportaron diferencias significativas para el tratamiento mas no para el bloque, observándose en los rangos con la prueba de Tukey al 5%, dado que el mayor rango de contenido de fósforo se dio en el T2 (4L de M.E/20 de agua)

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	0.815	3	0.04	323.11	0.0001	**
Bloque	0.00004	3	0.000015	0.42	0.7915	NS
Error experimental	0.00052	9	0.00042			
Total	0.815560	15	0.040435			

$R^2 = 0.99$ C.V = 2.45%

Fuente: Datos estadísticos obtenidos por ANOVA

CUADRO 11 CONTENIDO DE FOSFORO

4.1.6.5 Contenido de Potasio

Analizando y evaluando el cuadro 12 la dosificación en el contenido de potasio muestra que no reportaron diferencias significativas, observándose en los rangos con la prueba de Tukey al 5%, dado que el mayor rango de contenido de potasio se dio en el T2 (4L de M.E/20 de agua)

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	0.215	3	0.081	0.0118	0.0842	NS
Bloque	0.042	3	0.002	0.4200	0.5000	NS
Error experimental	0.024	9	0.001			
Total	0.281	15	0.084			

$R^2 = 0.66$ C.V = 7.64%

Fuente: Datos estadísticos obtenidos por ANOVA

CUADRO 12 CONTENIDO DE POTASIO

4.1.6.6 Contenido de Calcio

Analizando y evaluando el cuadro 13 la dosificación en el contenido de calcio muestra que no reportaron diferencias significativas en el bloque más si en el tratamiento, observándose en los rangos con la prueba de Tukey al 5%, dado que el mayor rango de contenido de calcio se dio en el T3 (6L de M.E/20 de agua)

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	20.021	3	5.121	0.008	0.0001	**
Bloque	0.023	3	0.221	0.710	0.6034	NS
Error experimental	0.182	9	0.013			
Total	20.226	15	5.355			

$R^2 = 0.95$ C.V = 6.01%

Fuente: Datos estadísticos obtenidos por ANOVA

CUADRO 13 CONTENIDO DE CALCIO

4.1.7 Calidad del producto final

La mejor calidad del compostaje fue en el T2 (4L/20L de agua) tanto en los parámetros físicos y químicos resultando un producto de clase A.

En los parámetros físicos obteniéndose un producto de alta calidad con altos valores de calcio y bajo en potasio.

Muestra										
Datos de la muestra	Ca	Mg	Na	K	Cu	Fe	Zn	Mn	N	P ₂ O ₅
	%	%	%	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	%	%
Resultados	3.58	4.30	0.90	2.65	33	7781	71	299	2.03	0.46

Fuente: resultados de análisis especial de laboratorio, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María – Huánuco 2019

CUADRO 14 CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL

4.2 Contrastación y prueba de hipótesis

En la presente investigación la contrastación de la hipótesis general estuvo en función de la contrastación de las hipótesis específicas. Para tal efecto se utilizó la prueba de Tukey al 5%.

Luego de analizar la diferencia de los tratamientos, en cada uno de los parámetros, se realizará la comparación con la Norma de Calidad de Compost del Instituto Nacional de Normalización de Chile, para evaluar la eficiencia de cada uno de los tratamientos.

4.2.1 prueba de hipótesis específica 1

Planteamos las siguientes hipótesis estadísticas:

Afirmativa

Es posible determinar los parámetros físicos del compost producido por los microorganismos eficientes a partir de los residuos sólidos.

Nula

No es posible determinar los parámetros físicos del compost producido por los microorganismos eficientes a partir de los residuos sólidos.

Parámetros físicos evaluados:

Temperatura: La medición de la temperatura fue todos los días se utilizó un termómetro que se colocaba en diferentes partes del compost y se registraba el promedio.

Variación de temperatura en T0 (0L de M.E/20L de agua)

En la siguiente figura nos indica las temperaturas obtenidas en el proceso de compostaje en sus cuatro fases:

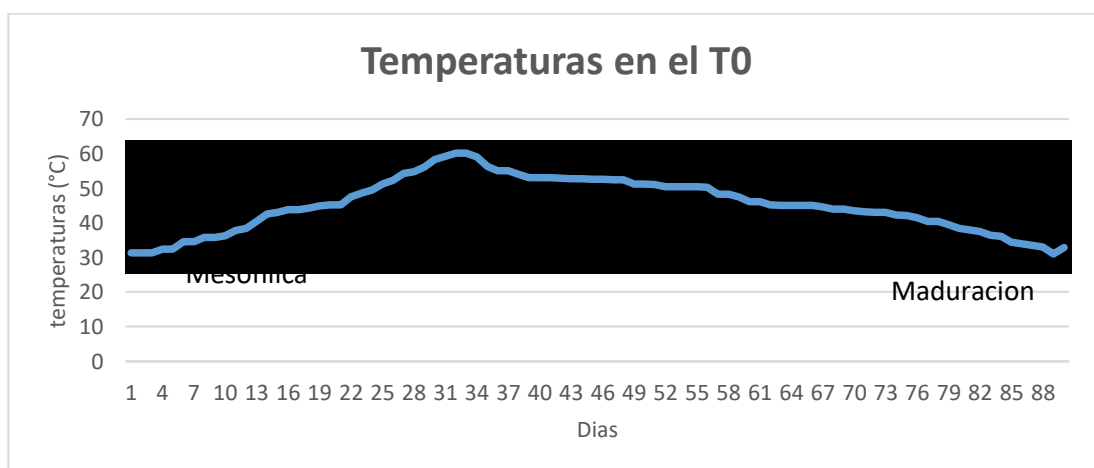
Fase mesofila: llego a los 40.45 °C

Fase termófila: llego a los 60.2 °C

En la cual en ese momento se realizó los volteos para la aireación y homogenización.

Fase de enfriamiento: llego a los 43.2 °C

Fase de maduración: llego a los 32.9 °C



variación de temperatura en T0

Fuente: elaboración propia

Variación de temperatura en T1 (2L de M.E/20L de agua)

En la siguiente figura nos indica las temperaturas obtenidas en el proceso de compostaje en sus cuatro fases:

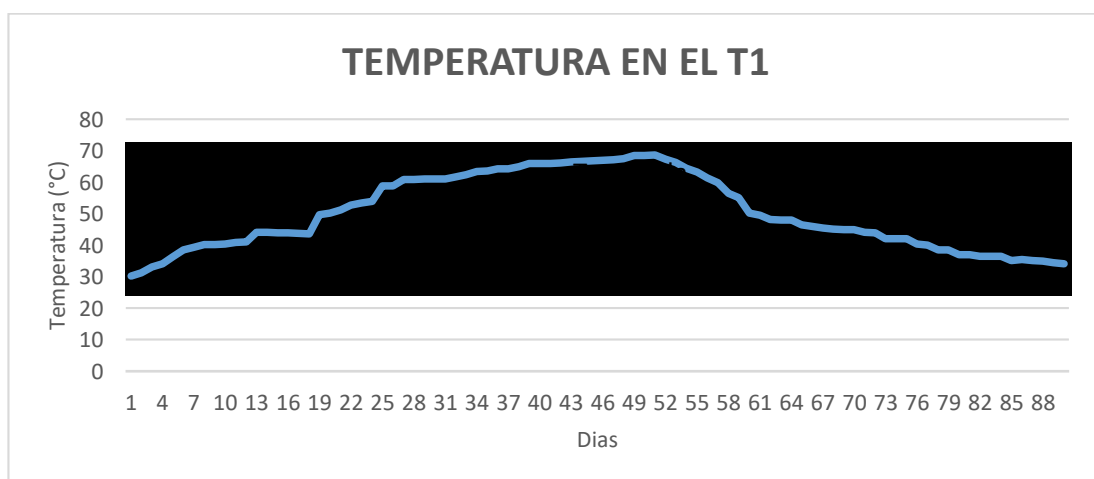
Fase mesofila: llego a los 40.45 °C

Fase termófila: llego a los 60.20 °C

En la cual en ese momento se realizó los volteos para la aireación y homogenización.

Fase de enfriamiento: llego a los 43.20 °C

Fase de maduración: llego a los 32.90 °C en la cual se estabilizo



Variación de la temperatura en T1

Fuente: elaboración propia

Variación de temperatura en T2 (4L de M.E/20L de agua)

En la siguiente figura nos indica las temperaturas obtenidas en el proceso de compostaje en sus cuatro fases:

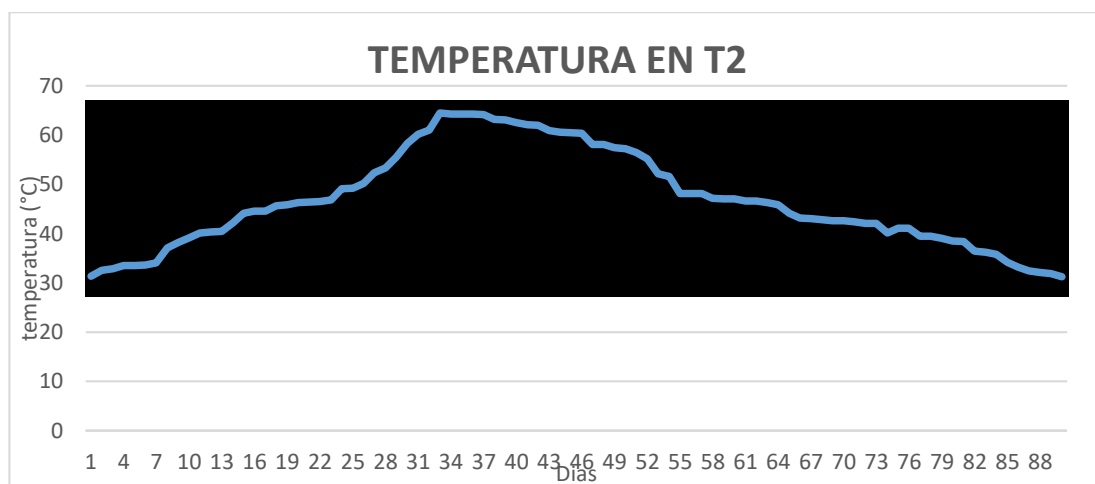
Fase mesofila: llego a los 40.45 °C

Fase termófila: llego a los 64.5 °C

En la cual en ese momento se realizó los volteos para la aireación y homogenización.

Fase de enfriamiento: llego a los 42.42 °C

Fase de maduración: llego a los 31.22 °C en la cual se estabilizo.



Variación de temperatura en T2

Fuente: elaboración propia

Variación de temperatura en T3 (6L de M.E/20L de agua)

En la siguiente figura nos indica las temperaturas obtenidas en el proceso de compostaje en sus cuatro fases:

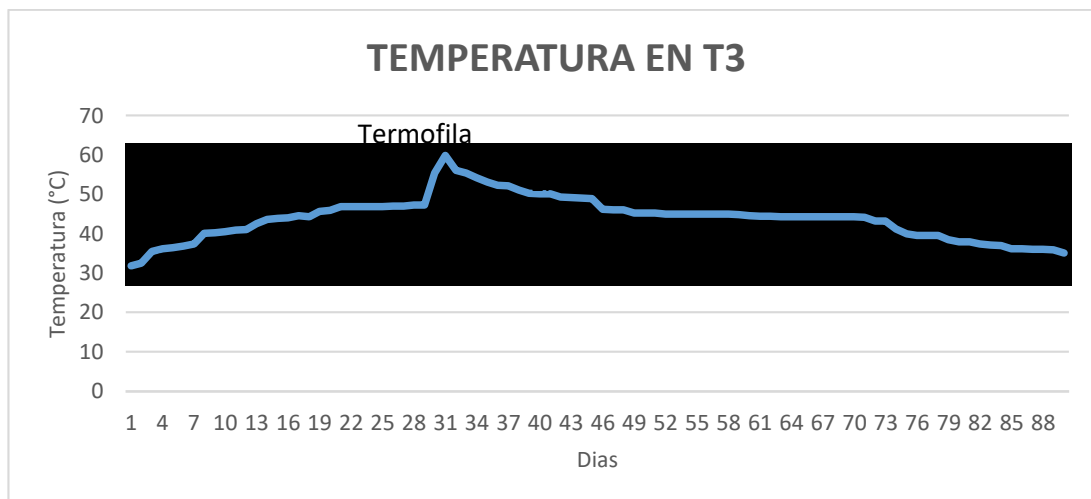
Fase mesofila: llego a los 41.02 °C

Fase termófila: llego a los 59.8 °C

En la cual en ese momento se realizó los volteos para la aireación y homogenización.

Fase de enfriamiento: llego a los 44.2 °C

Fase de maduración: llego a los 35.11 °C



Variación de la temperatura en T3

Fuente: elaboración propia

Humedad: Se midió la humedad del producto final del compost mediante un análisis físico del compost realizado en el laboratorio de la UNAS.

Analizando la dosificación en el mayor contenido de humedad, aplicando la prueba de tukey al 5% reportaron diferencias significativas en tratamientos y por parte de los bloques no existe ninguna diferencia significativa, el mayor contenido de humedad experimento el tratamiento que no se añadió los microorganismos T0 (0L M.E/20L de agua).

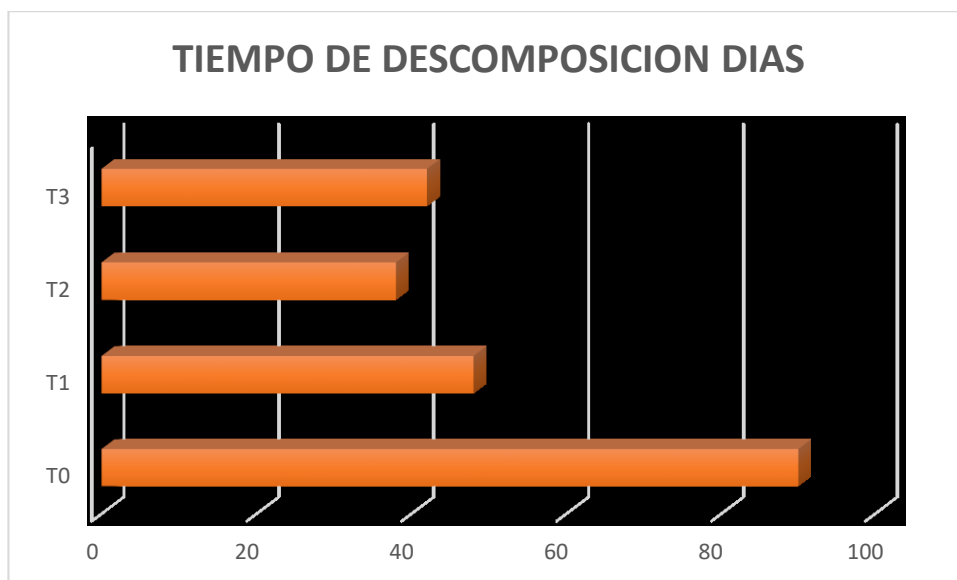
no se añadió los microorganismos T0 (0L M.E/20L de agua).

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	434.210	3	116.217	142.4	0.0001	**
Bloque	0.502	3	0.056	0.14	0.9824	NS
Error experimental	5.957	9	0.354			
Total	3.785	15				

$R^2 = 0.99$ C.V = 1.26

Tiempo de degradación: El siguiente cuadro muestra el tiempo de descomposición en los tratamientos aplicando la prueba de Tukey al 5%, se

observaron que el primer grupo con menor tiempo en descomposición lo conforma el testigo 2 (4L de M.E/20L de agua) y el testigo 3 (6L de M.E/20L de agua) con 38 y 42 días respectivamente, seguido por el tratamiento 1 (2L de M.E/20L de agua) con 48 días y por último el tratamiento 0 (0L de M.E/20L de agua) con 90 días.



tiempo de descomposición de las diferentes dosis de los M.E/20L de agua

Fuente: elaboración propia

TIEMPO DE DESCOMPOSICION	
TRATAMIENTOS	DIAS
T0	90
T1	48
T2	38
T3	42

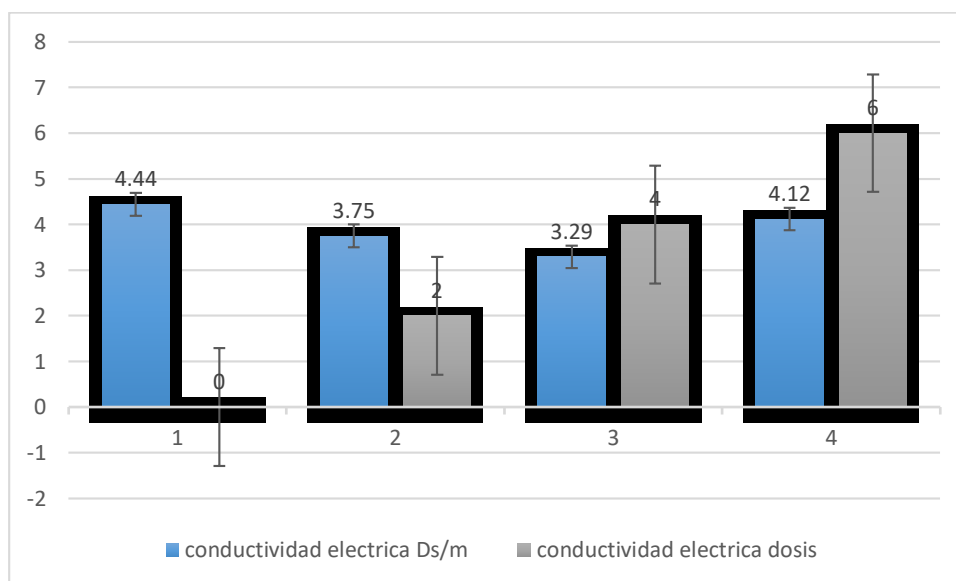
Tiempo de descomposición de los tratamientos aplicando la prueba de Tukey al 5% que existe no existen diferencias significativas en tratamiento ni en bloque de días según lo manifestado estadísticamente.

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	171.000	3	577.000	5.311	0.001	NS
Bloque	155.001	3	521.000	5.230	0.002	NS
Error experimental	2.360	9	25.256			
Total	328.361	15				

$R^2 = 0.34$ C.V = 2.26

Conductividad eléctrica

Analizando la dosificación aplicando la prueba de Tukey al 5% se observaron rangos significativos, la mayor conductividad eléctrica se dieron en los tratamientos que no recibieron aplicación de microorganismos.



Conductividad eléctrica según tratamientos

Fuente: elaboración propia

En la figura nos muestra la diferencia entre dosis de aplicación de los microorganismos eficientes, nos muestra que existe mayor conductividad eléctrica en el testigo T0 (0L M.E/20L de agua) sin aplicar los microorganismos a diferencia de los demás.

Conductividad eléctrica	
Ds/m	dosis
4.44	0
3.75	2
3.29	4
4.12	6

Cuadro 15 resultados de la conductividad eléctrica

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	3.025	3	1.667	12.426	0.0012	**
Bloque	0.510	3	0.264	2.251	0.0954	NS
Error experimental	0.250	9	0.05			
Total	3.785	15				

$R^2 = 0.98$ C.V = 1.14%

El cuadro de conductividad eléctrica para el factor dosis en la variable conductividad eléctrica los resultados nos demuestran que si existen diferencias significativas para tratamiento, pero no para el bloque.

Interpretación:

Analizando estadísticamente los parámetros físicos evaluados en el proceso de compostaje mediante la prueba estadística de Tukey al 5%. Se obtuvo lo siguiente:

- ✓ Para el parámetro de la temperatura, en forma cuantitativa entre los puntajes se obtuvo que mediante los datos estadísticos en distintas etapas si se pudo evaluarlas mediante un termómetro en los distintos tratamientos.
- ✓ Para el parámetro de tiempo de descomposición no existe valor significativo ya que se obtuvo un nivel de significancia de 0.001, el cual

es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula. Con un nivel de confianza del 95% y 5% de probabilidad de error.

- ✓ Para el parámetro de la conductividad eléctrica, en forma cuantitativa entre los puntajes no existe valor significativo ya que se obtuvo un nivel de significancia de 0.0012, el cual es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95% y 5% de probabilidad de error.

4.2.2 prueba de hipótesis específica 2

Planteamos las siguientes hipótesis estadísticas:

Afirmativa

Es posible determinar los parámetros químicos del compost producido por los microorganismos eficientes a partir de los residuos sólidos.

Nula

No es posible determinar los parámetros químicos compost producido por los microorganismos eficientes a partir de los residuos sólidos.

Parámetros químicos evaluados:

pH: la medición del pH se efectuó una vez por semana en una botella de 500ml una del compost y el restante de agua lo agitamos y lo dejamos reposar por una hora para luego medir el pH.

Analizando y evaluando los resultados del pH del producto final con la prueba de Tukey al 5%, el pH de todos los tratamientos no vario mucho es casi similares por lo tanto según el análisis anova no hay diferencias significativas.

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	0.010	3	0.667	0.41	0.6464	NS
Bloque	0.021	3	0.456	0.52	0.6244	NS
Error experimental	0.151	9	0.012			
Total	0.182	15				

$R^2 = 0.31$ C.V = 2.12

Materia orgánica: Analizando y evaluando del cuadro la dosificación en los distintos tratamientos, el mayor contenido de materia orgánica aplicando la prueba de Tukey al 5% se observaron que existe mayor contenido de materia orgánica en el T2(4L de M.E/ 20L de agua), por lo tanto, el si existe significancia para los tratamientos mas no existe para los bloques.

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F. cal.</i>	<i>P valor</i>	<i>Sig</i>
Tratamiento	452.810	3	119.712	112.41	0.0001	**
Bloque	5.950	3	0.421	0.12	0.6052	NS
Error experimental	0.125	9	0.456			
Total	458.885	15				

$R^2 = 0.98$ C.V = 1.10%

Análisis e interpretación:

- ✓ Para el parámetro del pH no existe valor significativo por lo tanto se rechaza la hipótesis nula con un nivel de confianza 95% y 5% de probabilidad de error.
- ✓ Para el parámetro de materia orgánica no existe valor significativo por lo tanto se rechaza la hipótesis nula ya que se obtuvo un nivel de significancia del 0.0001 el cual es menor que 0.05 teniendo un nivel de confianza del 95% y 5% de prueba de error.

4.2.3 Prueba de hipótesis específica 3

Planteamos las siguientes hipótesis específicas:

Afirmativa

Los microorganismos eficientes se identificaron en cada fase del compost.

Nula

Los microorganismos eficientes no se identificaron en cada fase del compost.

Durante el proceso de compostaje, las actividades combinadas de microorganismos hacen que se puedan dividir en 4 etapas dependiendo de la temperatura: mesofílica, termofílica, enfriamiento y maduración.

Tanto en los parámetros físicos y químicos se identificaron las fases del proceso del compostaje por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se discutieron los resultados de acuerdo a las variables del proyecto de investigación: Eficiencia de los microorganismos en la descomposición de los residuos sólidos orgánicos y el compost.

Los resultados de la: DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS MICROORGANISMOS EN LA PRODUCCIÓN DEL COMPOST A PARTIR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL CENTRO POBLADO DE JANCAO, DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO. Se determinó que hay mayor eficiencia en el tratamiento 2 (4L de M.E/20L de agua) con una efectividad de 38 días en el tiempo de descomposición, se observó parámetros y se monitoreo constantemente durante el proceso del compostaje.

De acuerdo a los resultados obtenidos después de la descomposición del compost en los 3 tratamientos con sus 3 repeticiones se redujo en un aproximado de 50% del peso inicial. (Tolentino L. B., 2016) menciona que el peso y calidad de compost del producto final que de agua. menor peso y calidad del producto final fue en el testigo T0 (0L de M.E – A/20L de agua).

De acuerdo a los resultados las temperaturas no variaron mucho están en un rango entre 40°C y 60°C (Carhuancho León, 2012), menciona que La temperatura varia en relación de pH, encontrándose en la etapa mesofilica excepto los tratamientos de mezcla de gallinazas, este proceso redujo en los tres tratamientos la cantidad de coliformes fecales y totales los cuales

cumplen con los ECA de agua de riego y como fertilizante según el MINAM y EPA respectivamente. Sin ningún pre tratamiento de la gallinaza a 90 días se logra reducir el contenido de coliformes fecales y totales.

De acuerdo a los resultados de pH se obtuvo un rango de pH entre 6.1 y 9, (Quispe, 2012) menciona que en la tesis “Compostaje de residuos orgánicos y de lenteja de agua (*lemma sp.*) Con aplicación microorganismos eficaces” nos dice que en análisis se realizó en el laboratorio con el fin de elaborar compost a partir de residuos orgánicos domésticos y lenteja de agua aplicando microorganismos eficaces a tres dosis en la cual se evaluó el tiempo de descomposición a 75 días fue la lenteja de agua, 50 días los residuos sólidos ambos con 200 ml. El pH de lenteja de agua 6.5, residuos orgánicos 6.4 en todo fue dosificado con cálculos estadísticos.

De acuerdo a los resultados obtenidos el mayor porcentaje de humedad fue en la dosis de 0L M.E/20L de agua (Camacho, 2013) menciona que La presencia de agua resulta imprescindible en el proceso de compostaje para que los microorganismos puedan mantener sus necesidades fisiológicas, de ahí que la humedad cobre gran importancia en el proceso. Es necesario controlar el nivel de humedad, pues un exceso impediría la presencia de oxígeno en la matriz lo que lo convertiría en un factor limitante además de favorecer condiciones de anaerobiosis. La humedad disminuye a lo largo del proceso debido al aumento de temperatura que generan los microorganismos en la descomposición, por lo que habría que añadir agua según se fuera necesitando durante el proceso. Los niveles de humedad óptimos deberían

oscilar entre 40-60, por encima de este rango el agua desplazaría el aire de los poros produciendo anaerobiosis y por debajo 40 se disminuiría la actividad de los microorganismos pudiéndose convertir en un factor limitante para la descomposición.

De acuerdo a los resultados los parámetros físicos y químicos determinaron la eficiencia de los microorganismos eficientes, mediante su contenido nutricional según (Carhuacho León, 2012) A lo largo del proceso de digestión se evaluaron dos parámetros fisicoquímicos. En los quince primeros días se observó un descenso de pH, luego se estabilizó a lo largo del proceso de digestión anaerobia en un medio ácido. La temperatura varía en relación de pH, encontrándose en la etapa mesofílica excepto los tratamientos de mezcla de gallinazas, este proceso redujo en los tres tratamientos la cantidad de coliformes fecales y totales los cuales cumplen con los ECA de agua de riego y como fertilizante según el MINAM y EPA respectivamente. Por último, se realizó la prueba de toxicidad para evaluar la calidad del biol, se ha medido el índice de germinación y la longitud de radículas del maíz. Siete dosis de estos materiales (biol/agua) fueron preparadas en varias proporciones, un control sin adición también fue incluido. Los resultados incluyeron que la semilla de radicular del maíz no afectó cuando la dosis varía entre los tres tipos de bioles. Al finalizar la investigación se concluye que el biol obtenido de la gallinaza de piso presenta mejor calidad de nutrientes sin efecto de toxicidad en mínimas.

CONCLUSIONES

- Se determinó la eficiencia de los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) en la producción del compost a partir de los residuos sólidos orgánicos domésticos en la localidad de Jancao la esperanza obteniéndose como la mejor dosis el T2(4L de M.E/20L de agua) cuyo tiempo de descomposición fue de 38 días.
- Se determinaron los valores de los parámetros físicos del compost a partir de los microorganismos (en la producción del compost a partir de los residuos sólidos orgánicos domésticos obteniéndose un producto de alta calidad en comparación con los demás testigos.
- Se determinaron los valores de los parámetros químicos del compost a partir de los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) en la producción del compost a partir de los residuos sólidos orgánicos domésticos obteniéndose un producto de alta calidad en comparación con los demás testigos y los resultados del laboratorio.
- Se identificaron las fases del compost evaluándose mediante las temperaturas y pH obtenidos durante el proceso de compostaje en sus diferentes fases (fase mesofila, termófila, enfriamiento y maduración).

RECOMENDACIONES

- Para la determinación de la eficiencia de los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) y acelerar el tiempo de descomposición para así tener un mayor contenido nutricional se recomienda utilizar la dosificación de 4 litros de M.E en 20 litros de agua
- Se recomienda hacer estudios sobre la descomposición mediante el uso de superficie de suelo y piso encementado.
- Se recomienda realizar estudios sobre microorganismos patógenos y beneficiosos para el proceso de compostaje.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Ascazubi Masson, E. A. (2011). *Evaluacion de 6 composiciones de compost de material vegetal de rosas eriquecido con Machati - Cat utilizando como planta indicadora la remolacha.*
- Camacho, Z. G. (2013). *ENSAYO DE PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS.* sevilla - españa.
- Carhuancho León, F. M. (2012). *Aprovechamiento del estiercol de gallina para la elaboracion del biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avicola.* Lima-Peru.
- Carrión, W. A. (2015). *ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS A PARTIR DEL COMPOSTAJE DE RESIDUOS AGRÍCOLAS EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ.* FUSAGASUGÁ, COLOMBIA.
- Enrique Villacorte, E. F. (2013). *Produccion del compost a base de lechugin utilizando en tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A y su efecto en el cultivo de lechuga.* Universidad tecnica de Ecuador.
- MARTEL ALVA, R. G. (2014). *caracterizacion preliminar de la agricultura convencional y organica en la comunidad de Vinchos.* Huanuco - Churubamba: UNAS.
- Martins, (. p. (2010). *metodo cientifico* .
- MINAYA, K. P. (2013). *OBTENCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS IMPERMEABILIZADOS CON GEOMEMBRANA.* Lima - Peru.
- Naranjo Pacha, E. I. (2013). *Aplicacion de microorganismos para acelerar la transformacion de desechos organicos en el compost.* Ambato - Ecuador.
- Opazo G, M. (1991). *Manual para tratamiento integral de basuras: Producción de abono orgánico (compost) a partir de desechos sólidos domésticos.* bogota - colombia.
- Peña, M. A. (2012). *Determinacion de la concentracion de nutrientes N, P, K en los residuos solidos organicos selectivos provenientes del mercado ayaymaman, mediante la tecnica del compostaje.* tarapoto - peru.
- Pilar Roman, M. M. (2013). *MANUAL DEL COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR .* SANTIAGO DE CHILE .
- Quispe, M. E. (2012). *Compostaje de residuos organicos y de lenteja de agua con aplicacion de microorganismos eficaces.* puno - peru.

- Quizhpi, I. C. (2014). *Estudio Comparativo para la Elaboración de Compost por Técnica Manual en el Bioparque Amaru Cuenca*. CUENCA - ECUADOR.
- RENZA, J. E. (2008). *OPTIMIZACIÓN DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS PARA ELABORAR BIOABONO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS DEL VALLE DE SIBUNDOY*. SAN JUAN DE PASTO.
- Rivera, N. L. (2009). *Propuesta de programa para el manejo de los residuos solidos en la plaza de mercado de carete*. córdoba.
- Sampieri, R. H. (2003). *Metodologia de la Investigacion* . Marcela L Rocha Martinez.
- santiago gabriel, e. r. (2012). *MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DEL RELLENO SANITARIO DE ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA*. Ibarra - Ecuador.
- Tolentino, L. B. (2016). *Efecto de diferentes dosis de la cepa biologica en el proceso de compostaje de residuos solidos del caserio de san miguel-chaglla*. San Miguel - Chaglla: UNAS.
- VÍLCHEZ, F. N. (2007). *EFFECTO DE DIFERENTES RESIDUOS DE ORIGEN VEGETAL Y ANIMAL EN ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL COMPOST*. MANAGUA, NICARAGUA.

ANEXOS

Matriz de consistencia

DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS MICROORGANISMOS (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus sp.*) EN LA PRODUCCIÓN DEL COMPOST A PARTIR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL CENTRO POBLADO DE JANCAO, DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO - 2018”

Tesista: JARA ALVA, Fernando Alex

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cuál es la eficiencia de los microorganismos (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>, <i>Lactobacillus sp.</i>) en la producción del compost a partir de los residuos sólidos orgánicos en el centro poblado de Jancao?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar la eficiencia de los microorganismos (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>, <i>Lactobacillus sp.</i>) en la producción del compost a partir de los residuos sólidos orgánicos domésticos.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>Los microorganismos son eficientes en la producción del compost a partir de los residuos sólidos orgánicos.</p>	<p>INDEPENDIENTE: Eficiencia de los microorganismos eficientes en la descomposición de los residuos sólidos orgánicos.</p> <p>INDICADOR:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Temperatura✓ Nivel de pH✓ Nivel de humedad✓ Tiempo de degradación	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Experimental</p> <p>ENFOQUE:</p> <p>Cuantitativo</p> <p>NIVEL Y ALCANCE:</p> <p>Explicativo</p> <p>DISEÑO:</p> <p>Bloques completamente al azar</p> <p>POBLACIÓN:</p> <p>La población de Jancao</p> <p>MUESTRA:</p> <p>La muestra fue alrededor del campo deportivo de Jancao hasta la calle principal de la cooperativa siendo uno de los puntos donde se genera mayores residuos sólidos orgánicos con un aproximado de 400 viviendas, llegándose a juntar 1 tonelada de residuos sólidos orgánicos.</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS		
¿Cuáles son los parámetros físicos del compost producido por los microorganismos (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Lactobacillus sp.</i>)?	Determinar los parámetros físicos del compost producido por los microorganismos eficientes a partir de los residuos solidos	Es posible determinar los parámetros físicos del compost producido por los microorganismos eficientes a partir de los residuos sólidos.	<p>DEPENDIENTE: El compost</p> <p>INDICADOR:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Kg de peso bruto✓ Kg de peso tamizado✓ % de materia orgánica en base seca.✓ % de materia seca.✓ % de cenizas✓ % Ca✓ % Mg✓ % Na✓ % K✓ % N✓ % P₂O₅✓ Cu✓ Fe✓ Zn✓ Mn	
¿Cuáles son los parámetros químicos del compost producido por los microorganismos (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Lactobacillus sp.</i>)?	Determinar los parámetros químicos del compost producido por los microorganismos eficientes a partir de los residuos sólidos.	Es posible determinar los parámetros químicos del compost producido por los microorganismos eficientes a partir de los residuos sólidos.		
¿Cómo identificar las fases del compost?	Identificar las fases del compost	Los microorganismos eficientes se identificaron en cada fase del compost.		

Anexo 1 preparación de la cepa madre



Anexo 2 Reconocimiento del terreno



Anexo 3 encuestas sobre los residuos solidos



Anexo 4 encuestas en bodegas



Anexo 5 Hallazgo de los residuos sólidos orgánicos



Anexo 6 diagnóstico de la situación problemática



Anexo 7 distintos botaderos de residuos sólidos orgánicos



Anexo 8 elaboración del compost



Anexo 9 revisión de la maduración del compost



Anexo 10 revisión del PH

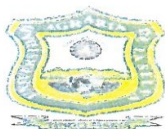


Anexo 11 Residuos sólidos orgánicos domésticos



Anexo 12 producto final del compost





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

Carretera Central Km 1.21 Tingo María - Celular 941531359

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: FERNANDO ALEX JARA ALVA							PROCEDENCIA: HUANUCO						
Datos de la muestra				RESULTADOS									
				Ca %	Mg %	Na %	K %	Cu mg/Kg	Fe mg/Kg	Zn mg/Kg	Mn mg/Kg	N (%)	P ₂ O ₅ (%)
Código	Tipo	Muestra	Referencia										
M0012	COMPOST	1	Residuos Orgánicos	3.58	4.30	0.90	2.65	33	7781	71	299	2.03	0.46

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

FECHA : 22 DE MARZO DEL 2019

RECIBO N° 0569961

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LAB. ANALISIS DE SUELOS
Ing. Luis C. Morales Arce
JEFE





MÉTODOS ANALÍTICOS

CARACTERÍSTICA	MÉTODO	CARACTERÍSTICA	MÉTODO
EXTRACTO	VIA HUMEDA DIGESTIÓN ACIDA – SNP	HUMEDAD	ESTUFA 105° C MEMERT ALEMANIA
DETERMINACIÓN DE MACROELEMENTOS: Ca, Mg, K, Na	EAA VARIAN ALEMANIA	CENIZAS	MUFLA 660° C THERM CONCEPT ALEMANIA
DETERMINACIÓN DE FÓSFORO	METAVANADATO ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA	DETERMINACIÓN DE MICROELEMENTOS: Fe, Mn, Zn, Cu	EAA VARIAN ALEMANIA
DETERMINACION DE AZUFRE	TURBIDIMETRIA DEL SULFATO DE BARIO ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA	DETERMINACION DE BORO	COLORIMETRIA CON AZOMETINA-H ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA
CADMIO TOTAL Y PLOMO TOTAL	EAA VARIAN ALEMANIA	N TOTAL	KJENDHAL BUCHI ALEMANIA
CARBONATOS	NEUTRALIZACION ACIDA HCl 0.5N NaOH 0.25N	NITRÓGENO AMONIACAL Y DE NITRATOS	NTE INEN 0226: FERTILIZANTES.
PH	SOLUCIÓN PH-METRO SARTORIUS ALEMANIA	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA KYNTTEL mS/cm	PROPORCION AGUA : MUESTRA 5:1

